This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

**Usage guidelines**

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

**About Google Book Search**

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

**A propos de ce livre**

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

**Consignes d'utilisation**

Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.

+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.

+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.

+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

**À propos du service Google Recherche de Livres**

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`

A 758,526

TRANSPORTATION LIBRARY

UBLICATION DE LA RÉUNION DES OFFICIERS.

Library

ACTUALITÉS SCIENTIFIQUES.

# MANUEL PRATIQUE MILITAIRE

DES

# CHEMINS DE FER,

PAR M. ÉLIE ISSALÈNE,

CAPITAINE ADJUTANT-MAJOR.

TRANSPORTATION LIBRARY
UNIVERSITY

PARIS.

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER.

1873

PUBLICATION DE LA RÉUNION DES OFFICIERS.

# MANUEL PRATIQUE MILITAIRE

DES

# CHEMINS DE FER.

PAR M. ÉLIE ISSALÈNE,

CAPITAINE D'INFANTERIE.

PARIS,

GAUTHIER-VILLARS, IMPRIMEUR-LIBRAIRE

DU BUREAU DES LONGITUDES, DE L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE,

SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER.

1873

Transportation
Library

Transportation
Library

Transport.
Gunnels.
3-25-29
18640

1-31-51/2W

# TABLE DES MATIÈRES.

Pages.

PRÉLIMINAIRES..... 1

## CHAPITRE PREMIER.

DESCRIPTION DE LA VOIE..... 5

Plate-forme, traverses, rails. — Comment les rails sont fixés sur les traverses et solidarisés entre eux. — Disposition des traverses. — Aiguilles ou changements de voie. — Aiguille double. — Couvre-tringle. — Plaque tournante. — Signaux (*à main, fixes, détonants, de trains, de mécaniciens*). — Bâtiments d'exploitation. — Appareils divers. — Grues de chargement roulantes et fixes. — Grues hydrauliques. — Réservoirs.

## CHAPITRE II.

DESCRIPTION DU MATÉRIEL DE LA TRACTION..... 46

Idées générales. — Description de la locomotive (*chaudière, boîte à feu, boîte à fumée*). — Balances. — Pistons et cylindres. — Boîte à vapeur. — Tiroirs. — Roues. — Différentes variétés de machines locomotives (*machines-tenders, Crampton, Engerth*). — Appareils divers (*fumivore, tube réchauffeur, sifflet, lunettes, porte-lanterne, volant des vannes d'échappement, tringle du souffleur, niveau d'eau, robinets d'épreuve, manomètres, robinets purgeurs, injecteur Giffard, régulateur, changement de marche*). — Wagons.

## CHAPITRE III.

CONSTRUCTION DES VOIES FERRÉES..... 87

Idées générales. — Tracé de la voie. — Construction d'une voie (*horizontale et rectiligne, en pente, courbe, double*). — Exposé méthodique des différentes opérations. — Manière pratique de procéder.

Pages.

## CHAPITRE IV.

MISE HORS DE SERVICE ET RÉPARATION DES VOIES ET DE LEUR MATÉRIEL..... 106

Destruction d'une voie ferrée. — Exposé méthodique des opérations successives. — Nombre d'ouvriers et temps nécessaires. — Destruction des travaux d'art peu importants. — Réparation d'une voie ferrée. — Exposé méthodique des opérations successives. — Nombre d'ouvriers et temps nécessaires. — Réparation des travaux d'art peu importants.

## CHAPITRE V.

CONDUITE DES MACHINES LOCOMOTIVES..... 119

Préliminaires. — Précautions avant le départ. — Mise en marche. — Surveillance pendant la route. — Arrêt progressif aux stations. — Arrêt brusque. — Appareil à contre-vapeur. — Accidents (*machine hors de service, rupture d'attelage, signal d'arrêt*). — Précautions à observer et mesures à prendre dans ces différents cas.

## CHAPITRE VI.

MISE HORS DE SERVICE ET RÉPARATION DU MATÉRIEL ROULANT... 131

Mise hors de service des locomotives. — Différents procédés à employer. — Destruction des appareils de la voie et des bâtiments d'exploitation.

## CHAPITRE VII.

ÉTUDE DES DIFFÉRENTS SERVICES..... 137

Service de la voie, sa compétence, son personnel. — Classement des voies. — Circulation des trains sur les voies doubles ou simples. — Désignation des voies. — Organisation militaire du service de la voie. — Service de la traction, sa compétence, son personnel. — Devoirs de chaque catégorie d'employés. — Organisation militaire du service de la traction. — Service de l'exploitation, sa compétence, son personnel. — Devoirs de chaque catégorie d'employés. — Organisation militaire du service de l'exploitation. — Trains de troupes. — Trains de munitions de guerre. — Conclusions.

# MANUEL PRATIQUE MILITAIRE

DES

# CHEMINS DE FER.

## PRÉLIMINAIRES.

Nous traiterons la question des chemins de fer à un point de vue essentiellement pratique. Envisagée dans son ensemble, cette question devient assurément une des plus graves et des plus difficiles de la guerre moderne. Pour être complet, un Ouvrage sur la matière devrait embrasser l'étude des voies ferrées, non-seulement en France, mais encore dans les pays voisins, aussi bien comme moyen de transport que comme lignes stratégiques. Il devrait ensuite prévoir et résoudre les problèmes multiples qui se présenteront dans les campagnes futures, et qui peuvent être classés en trois catégories : 1° Comment détruire plus ou moins à fond une voie ferrée? 2° Comment la rétablir? 3° Comment en créer une de toutes pièces avec les moyens dont dispose une armée en campagne? Cet Ouvrage traiterait enfin du recrutement et de l'organisation du personnel qui doit suffire à protéger et à exploiter les voies ferrées. Mais un pareil cadre est beaucoup trop vaste, et nous n'avons pas la prétention de le remplir. La mise en service ou hors de service de certaines lignes, sur lesquelles se trouvent des ouvrages d'art

H.R.J.

considérables, exige les connaissances les plus étendues. Les péripéties de la guerre, le manque de matériaux convenables et d'ouvriers spéciaux, la nécessité de faire vite et solidement, viennent encore compliquer le problème. A une science profonde, l'ingénieur chargé de cette tâche doit joindre un esprit inventif et fertile, une activité infatigable.

Quant à la création d'une voie ferrée sur le territoire ennemi et pendant les hostilités, nous n'en connaissons qu'un seul exemple en Europe. Les Allemands avaient étudié avant la dernière guerre un projet de chemin de fer depuis Remilly jusqu'à Pont-à-Mousson; la distance entre ces deux points n'excède pas 35 kilomètres, qui furent construits en quarante jours. Les Allemands y employèrent 1250 pionniers ou soldats des compagnies des chemins de fer de campagne, plus 3000 ouvriers requis dans le pays; environ 300 voitures étaient occupées à exécuter les transports nécessaires. Les dernières études étant faites sur le terrain, les travaux purent commencer en même temps sur plusieurs points à la fois. Malgré les puissantes ressources dont les Allemands disposaient, l'exécution de cette voie ferrée resta loin de la perfection; certaines pentes étaient réellement trop exagérées, tandis que le rayon des courbes était en général très-faible. Dans ces conditions, les machines peuvent à peine remorquer quelques wagons, et l'exploitation n'est praticable qu'avec de grandes précautions et une très-faible vitesse.

Si nous considérons enfin la question générale au point de vue du recrutement et de l'organisation de nos futures divisions de chemins de fer, celles-ci ne devront rappeler

en rien les corps francs créés hâtivement pendant la dernière guerre. Toutes les branches de l'art militaire sont intéressées à ce que cette difficulté soit résolue, et elle ne peut l'être que par une refonte générale de notre organisation et de notre administration militaires. L'expérience des dernières années prouve surabondamment que rien de bon ne s'improvise en ces délicates matières; de longues années de paix, bien employées, permettent seules de créer et de rattacher solidement les uns aux autres les rouages des puissantes armées avec lesquelles on fait aujourd'hui la guerre.

Ce rapide coup d'œil suffit pour apprécier les difficultés et la grandeur de la tâche qui s'impose aux chefs des armées modernes en ce qui regarde la mise en œuvre des voies ferrées. Il ne nous appartient pas de traiter à fond des questions aussi difficiles; nous ne prétendons pas davantage analyser le réseau européen au point de vue stratégique; nous essayerons tout simplement de présenter, dans un ordre méthodique, et surtout d'une manière essentiellement pratique, un résumé des connaissances élémentaires, qui sont indispensables aux officiers d'infanterie, de cavalerie et d'état-major. Les uns et les autres peuvent être chargés des petites opérations de la guerre : occuper une gare, détruire ou rétablir une voie ferrée, enlever ou conduire du matériel, etc.... Dans des circonstances semblables, il faut savoir agir sans hésitation ni perte de temps; la rapidité dans l'exécution est toujours, pour une expédition de ce genre, la meilleure garantie de réussite; faute de connaissances pratiques et de règles bien connues, on consume son temps en tâtonnements et ses forces en essais maladroits.

Il faut donc qu'un officier, arrivant à l'improviste dans une gare, soit capable de détruire les voies et le matériel si la position doit être bientôt évacuée. Si le temps presse moins et si la ligne est libre en arrière, il faut encore que l'officier sache réunir le matériel roulant en convoi et possède les connaissances pratiques nécessaires pour manœuvrer une machine et enlever le train.

Afin de mettre de l'ordre dans ces questions, nous adopterons les trois catégories usitées dans les grandes compagnies françaises. Nous étudierons d'abord les divers éléments dont se compose la voie et les divers appareils qui constituent les machines ; nous examinerons ensuite la construction, la destruction et la réparation des voies ferrées; la conduite, la mise hors de service et les réparations des machines. Nous terminerons enfin par l'étude des trois grands services : la voie, la traction, l'exploitation, au point de vue de leur composition et de leur fonctionnement en temps de guerre.

# CHAPITRE PREMIER.

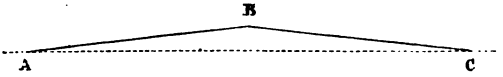
## DESCRIPTION DE LA VOIE.

Tout le monde connaît les divers éléments dont se composent les voies ferrées; les wagons roulent sur des *rails* en fer ou en acier, qui reposent sur des madriers en bois nommés *traverses*. Les traverses sont placées perpendiculairement à l'axe de la voie, espacées de distance en distance et noyées dans un lit de sable ou de gravier nommé *ballast*. Pour solidariser les rails entre eux et les fixer solidement sur les traverses, on emploie des *coussinets*, des *éclisses*, des *platines*, des *tire-fonds*, des *crampons*, etc.... Le ballast, à son tour, repose sur la terre ferme qui prend le nom de *plate-forme*.

*Plate-forme.* — La voie peut être de plain-pied avec la campagne environnante, en déblai ou en remblai. Dans les deux premiers cas, l'établissement de la plate-forme ne présente aucune difficulté, à moins que le terrain ne soit composé d'argile ou de sable. Il faut alors prendre les précautions nécessaires pour éviter les enfoncements qui ne manqueraient pas de se produire après une exploitation plus ou moins longue. On trouvera quelques données à ce sujet dans le Chapitre qui traite de la construction des voies ferrées. Lorsque la voie est en remblai, il faut damer vigoureusement les terres au fur et à mesure qu'on les apporte. Presque toujours, et malgré tout le soin qu'on a pu mettre

à ce travail, il se produit à la longue dans la masse du remblai un tassement plus ou moins considérable, qui a pour effet de déranger le niveau général de la voie. On doit remédier de temps à autre à ce défaut, en relevant la voie et en bourrant fortement les traverses, comme nous l'expliquerons plus loin. Pour faciliter l'écoulement des eaux pluviales, qui filtrent au travers du ballast, on construit la plate-forme en dos d'âne ABC (*fig.* 1). La pente

Fig. 1.




à droite et à gauche de l'arête B varie suivant la nature du terrain; elle est généralement de $0^m,02$ à $0^m,03$ par mètre.

*Traverses.* — Les traverses employées généralement sont des madriers en bois de forme prismatique. Elles mesurent environ $2^m,70$ de longueur, $0^m,15$ de hauteur et $0^m,20$ ou $0^m,22$ de largeur. Les traverses qui correspondent aux points de jonction des rails, ou traverses *de joint*, sont naturellement un peu plus larges; on leur donne de $0^m,32$ à $0^m,33$ de largeur pour la même hauteur de $0^m,15$. Jusque dans ces dernières années, l'essence exclusivement employée était le chêne, mais les progrès de la science ont permis de mettre en œuvre pour le même usage le hêtre et le sapin. Les arbres sont coupés en hiver, avant que la sève monte; on les empile ensuite dans des chantiers pour obtenir une dessiccation lente en plein air; les traverses, avant d'être employées, sont encore soumises à une dernière préparation, qui a pour but de les

garantir contre les atteintes des insectes, de l'humidité et du soleil. Au moyen d'une forte pression, on injecte dans les pores du bois une dissolution très-concentrée de sulfate de cuivre; après quoi, on coupe les traverses de longueur et on les équarrit à la hachè. Les traverses sont ensuite sabotées d'après un gabarit réglementaire, pour recevoir les coussinets ou les patins, et percées de trous pour introduire les crampons ou les chevillettes. On vérifie soigneusement le sabotage comme dimensions de l'entaille, comme emplacement des trous et comme écartement des coussinets et des patins; enfin le sabotage et les trous sont goudronnés à chaud.

Les meilleures traverses sont en chêne; le hêtre injecté est presque aussi bon et plus économique; dans certains terrains, les traverses peuvent durer dix ans. Le hêtre injecté ne pourrit pas dans la terre, mais il est plus sensible que le chêne à l'action du soleil; si le ballast qui doit recouvrir les traverses n'est pas renouvelé et bien entretenu, celles-ci se fendent et éclatent. Le bois de sapin donne des résultats moins favorables que les précédents; sa durée moyenne est de quatre à cinq ans, mais le prix de revient est moins élevé.

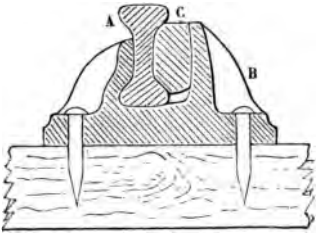
*Rails.* — Les rails sont en fer ou en acier; les premiers coûtent un peu moins cher, mais comme ils durent moins que les seconds, il y a encore économie à employer ceux-ci. Presque tous les rails actuellement en usage sur nos lignes sont en acier; on achève d'user les rails en fer dans les gares et sur les voies secondaires; mais, dans quelques années, ils auront complétement disparu.

Quel que soit le métal employé, le type des rails ne

varie guère ; au point de vue de la forme, nous avons actuellement sur nos lignes deux espèces de rails en service : 1° l'ancien rail *à double champignon ;* 2° le rail *à patin* ou rail *Vignole.*

Le rail à double champignon A (*fig.* 2) mesure $6^{m},50$ de longueur normale et $0^{m},13$ de hauteur ; on peut l'utiliser sur le second champignon lorsque le premier est usé :

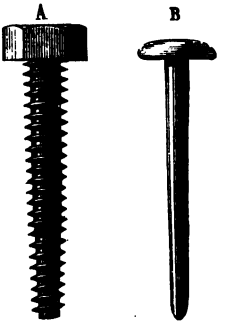
Fig. 2.




il suffit pour cela de le retourner. Ajoutons cependant que cette opération ne donne pas toujours de bons résultats, car le rail se déforme et devient par la suite d'un emploi dangereux. Lorsque le rail est placé, le champignon inférieur se trouve pris entre les mâchoires d'un coussinet en fonte B, et il est solidement maintenu dans cette position par un coin de bois C chassé de force avec un marteau. Chaque coussinet repose dans une entaille de même dimension, sabotée dans la traverse correspondante ; le fond de cette entaille est exactement incliné à $\frac{1}{20}$ vers l'intérieur de la voie, par rapport à l'horizontale. Pour fixer le coussinet sur sa traverse, on emploie deux tire-fonds ou deux chevillettes. Les tire-fonds (*fig.* 3) sont de grosses vis à bois A, munies d'une tête hexagonale. On les enfonce en les

vissant avec une clef anglaise, et il est expressément interdit aux ouvriers d'employer le choc d'un marteau ou de tout autre instrument pour cette opération. Les chevillettes sont de forts clous en fer B ; on les chasse de force

Fig. 3.




avec un marteau. Il faut avoir soin de donner aux trous des traverses un diamètre plus faible que celui des tire-fonds et surtout des chevillettes, afin que l'assemblage soit plus solide.

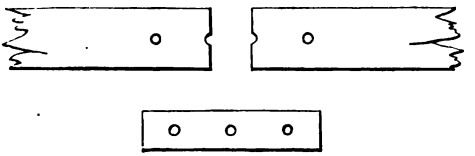
Lorsque des wagons lourdement chargés passent sur les intervalles des traverses, la portion de rail qui n'est pas soutenue cède plus ou moins, et il se produit un mouvement de vibration qui tend à soulever les coussinets ; il faut donc que ces derniers soient solidement maintenus sur les traverses. Les tire-fonds sont plus efficaces que les chevillettes, mais l'effort est parfois tellement violent que la tête hexagonale est arrachée ; dans ces conditions, il devient assez difficile de remplacer le tire-fond, tandis que les chevillettes sont toujours d'un emploi très-commode.

Les coussinets de joint, c'est-à-dire ceux qui réunissent

les extrémités juxtaposées des rails, sont naturellement plus larges que les coussinets intermédiaires ; c'est pourquoi on les fixe sur leur traverse au moyen de quatre chevillettes ou tire-fonds.

*Éclisses.* — Pour solidariser les extrémités jointives de deux rails, on emploie des plaques rectangulaires nommées *éclisses* (*fig.* 4) ; on en met une de chaque côté du joint, c'est-à-dire à l'intérieur et à l'extérieur de la voie. Chaque

Fig. 4.

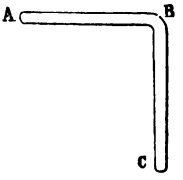


éclisse est percée de trois trous ; les deux trous extrêmes correspondent à des ouvertures semblables qui traversent chaque rail de part en part, et le trou du milieu à une échancrure demi-circulaire pratiquée à l'extrémité de chaque rail ; la réunion de ces échancrures donne naturellement un trou rond complet. Dans chacun des trois trous, on passe un boulon fileté dont la tête reste *à l'extérieur* de la voie ; le tout est maintenu au moyen d'un écrou hexagonal taraudé, qu'on visse *à l'intérieur* de la voie sur la partie filetée de chaque boulon. Cette opération s'exécute au moyen d'une clef anglaise ou d'une clef en S.

Observons encore que les rails doivent se dilater sous l'influence de la chaleur développée par le passage des trains et les rayons du soleil ; il faut donc prévoir cet

allongement et laisser un intervalle suffisant entre les extrémités voisines de deux rails. On emploie dans ce but de petites cales en fer ABC, d'une épaisseur variable, qu'on interpose au point de jonction (*fig.* 5). Naturellement l'intervalle conservé est d'autant plus grand que la

Fig. 5.



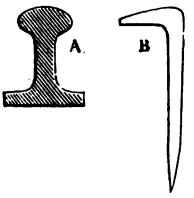

température est plus basse au moment de la pose : les cales employées en hiver seront donc plus épaisses qu'en été. Les cales sont plates et coudées : on les pose tout simplement en plaçant la partie AB sur un des rails, et la partie BC entre les deux extrémités voisines ; l'épaisseur varie entre 2 et 5 millimètres.

Le mètre courant de rail à double champignon pèse 36 kilogrammes, ce qui donne, pour un rail de $6^{m},50$ de longueur, 234 kilogrammes environ. Ces rails sont encore en service sur les anciennes voies et principalement sur les chemins de fer de l'Ouest. On les trouve également employés dans les gares et sur les voies d'évitement, comme dans les chemins de fer de Paris-Lyon-Méditerranée. Sur les lignes de cette compagnie, on remplace actuellement le rail à double champignon par le rail Vignole, qui est d'un emploi simple et d'un usage peut-être aussi économique, parce qu'il n'exige pas de coussinets. Cependant les avis sont partagés à ce sujet ; bien

des ingénieurs restent attachés à l'ancien rail et le préfèrent encore aujourd'hui au rail Vignole.

Le rail Vignole (*fig.* 6) présente à sa partie supérieure un bourrelet, et à sa partie inférieure une surface plane

Fig. 6.




qui a reçu le nom de *patin;* ces deux parties sont séparées, comme dans le rail à double champignon, par un étranglement. Le rail Vignole A mesure généralement 6 mètres de longueur sur $0^m$, 13 de hauteur. On le fixe sur les traverses, soit au moyen de tire-fonds, soit au moyen de crampons en fer B, sans l'intermédiaire des coussinets. Lorsqu'on doit employer des crampons, le patin du rail mesure $0^m$, 10 de largeur ; il présente sur chacun de ses bords (à l'intérieur et à l'extérieur de la voie) des

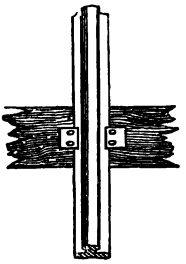
Fig. 7.

encoches (*fig.* 7) F, G, H, I pour le placement des crampons, dont la tête mord sur le patin et dont la tige s'enfonce dans le trou percé d'avance dans la traverse.

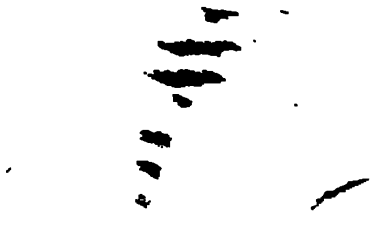
Les traverses de joint A, B supportent deux rails, et par suite sont percées de quatre trous pour le passage des

quatre crampons. Les traverses intermédiaires C, D, E ne présentent que deux trous. En outre, les traverses de joint A, B, et les traverses du milieu, D, sont sabotées pour recevoir une plaque rectangulaire en fer nommée *platine;* celle-ci présente dans le sens de la voie une rainure de la dimension exacte du patin et des trous correspondant à ceux des traverses. La platine est placée dans le sabotage, et le rail sur la platine, de façon que le patin soit encastré dans la rainure, les encoches du patin correspondant avec les trous de la platine et ceux de la traverse. De cette manière, les crampons qui mordent sur le patin du rail réunissent solidement l'assemblage. Ces dispositions assurent donc d'une manière suffisante la fixité des rails, et empêchent tout déplacement de droite à gauche; mais la pression des roues, qui agit toujours de la même manière sur les rails pendant que le train est en marche, détermine à la longue un glissement longitudinal des rails en sens contraire de cette marche. Pour obvier à cet incon-

Fig. 8.



vénient, on fait l'entaille de la platine un peu moins large que le patin du rail; la portion du patin qui doit reposer dans cette rainure est découpée de manière à pouvoir y



rectilignes est réglée de la manière suivante, avec des rails de 6 mètres du système Vignole ou à double champignon :

On pose aux extrémités du rail les deux traverses de joint A et G (*fig.* 9), puis la traverse du milieu D ; pour les traverses intermédiaires, on les pose à droite ou à gauche de

Fig. 9.

Échelle $\frac{1}{100}$.

la traverse D, en se dirigeant vers les extrémités, aux distances suivantes : les deux premières C, E à $1^{m},125$; les deux dernières F, B à $1^{m},075$ des deux précédentes ; il reste alors $0^{m},80$ d'intervalle entre les deux traverses B, F et les traverses de joint. Ces intervalles se mesurent d'axe en axe ; en négligeant les traverses de joint, on voit que cette pose emploie cinq traverses par longueur de rail.

Deuxième système (*fig.* 10). — Si la ligne doit être parcou-

Fig. 10.

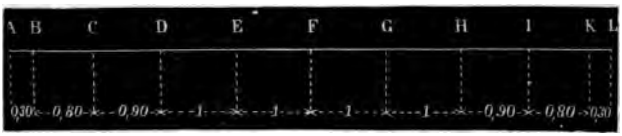
Échelle $\frac{1}{100}$.

rue par des trains lourdement chargés et circulant avec une grande vitesse, on soutient le rail au moyen de six traverses intermédiaires B, C, D, E, F, G, espacées comme

il suit : on place d'abord les deux traverses de joint A, H à une distance de 6 mètres, puis on prend à droite de la première et à gauche de la seconde $0^m,75$ d'intervalle pour les traverses B, G; les quatre dernières C, D, E, F sont à une équidistance de $0^m,90$. En négligeant encore les traverses de joint, on voit que cette pose emploie six traverses par longueur de rail, c'est-à-dire une de plus que la précédente; on obtient ainsi plus de solidité.

**Troisième système** (*fig.* 11). — En se servant des nouveaux rails Vignole, qui mesurent 8 mètres de longueur et n'emploient pas de traverses de joint, voici quelle est la pose adoptée : on place la traverse F au milieu du rail, puis on mesure à droite deux distances de 1 mètre pour les traverses G, H, et à gauche deux distances égales pour

Fig. 11.




Échelle $\frac{1}{100}$.

les traverses E, D; on prend ensuite un intervalle de $0^m,90$ pour les traverses I, C, et enfin un intervalle de $0^m,80$ pour la traverse K et la traverse B. Il reste sous chaque extrémité du rail un intervalle libre de $0^m,30$; ce qui donne sous le joint $0^m,60$ d'intervalle seulement, et un total de neuf traverses.

Si nous comparons les trois systèmes de pose au point de vue du nombre des traverses employées dans un parcours donné, nous arrivons au résultat suivant : avec le premier système, 24 mètres courants de ligne exigent

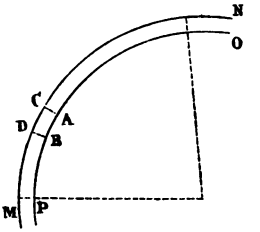
quatre rails de 6 mètres, c'est-à-dire vingt traverses intermédiaires et cinq traverses de joint; en tout vingt-cinq traverses. Avec le deuxième système, 24 mètres courants de ligne exigent quatre rails de 6 mètres, c'est-à-dire vingt-quatre traverses intermédiaires et cinq traverses de joint; en tout vingt-neuf traverses. Enfin, avec le troisième système, 24 mètres courants de ligne exigent trois rails de 8 mètres, c'est-à-dire $3 \times 9 = 27$ traverses. Il y a donc économie de traverses dans le premier système.

Ces trois systèmes donnent des garanties suffisantes de durée et de solidité; avec des rails en acier, il serait même possible d'augmenter encore, dans une certaine proportion, l'espacement des traverses, et de réaliser une notable économie. Il est bon d'ajoutêr que les dispositions qui précèdent sont arrêtées en vue d'un trafic permanent et appliquées en territoire national, avec la sécurité et les puissantes ressources de la paix. En campagne, tout cela peut être singulièrement modifié, suivant les nécessités ou la pénurie du moment, sans que les trains courent un danger sérieux. Si l'exploitation doit cesser avec l'état de guerre (ce qui arrive pour les chemins de fer des pays envahis), on peut réduire beaucoup le travail en diminuant le nombre des traverses, négligeant la couche supérieure de ballast, etc.... Il est certain, par exemple, qu'avec des rails de 6 mètres cinq traverses intermédiaires et les deux traverses de joint suffisent pour assurer dans tous les cas la circulation des trains. En outre, pourvu que les traverses soient convenablement bourrées, le ballast qui les recouvre et les protége contre les intempéries n'est pas indispensable pour la durée d'une campagne. Enfin toute espèce de bois peut être mise en œuvre dans

un cas pressant; on n'est donc pas forcé d'observer strictement les règles générales que nous avons données. Il serait difficile de prévoir et d'indiquer d'avance toutes les simplifications dont ces règles sont susceptibles; mais il faut toujours se conformer du mieux possible aux principes réguliers, parce que seuls ils garantissent d'une manière parfaite la sécurité de l'exploitation.

Tout ce que nous venons de dire s'applique aux portions de voie qui courent en droite ligne; mais il y a lieu de modifier ces dispositions dans les portions curvilignes du tracé. En règle générale, les extrémités semblables des

Fig. 12.




deux rails, qui courent l'un à droite, l'autre à gauche de la voie, doivent se trouver sur le même rayon; dans la pratique, on s'efforce de tenir la ligne qui réunit ces extrémités dans une position DB, CA perpendiculaire à l'axe de la voie (*fig.* 12). Il est clair que cette condition ne serait pas satisfaite si l'on construisait les deux arcs MN, PO avec des rails de même longueur. Pour résoudre ce problème, on combine divers échantillons de rails dont la longueur varie depuis 5 mètres jusqu'à 6 mètres, et avec un peu de pratique on parvient facilement à surmonter ces petites difficultés. Dans les courbes d'un rayon

très-faible, les rails de 5 mètres et au-dessous permettent en outre d'éviter les jarrets, c'est-à-dire les brisures de la voie, qui deviendraient sensibles si l'on employait des rails plus longs ; mais, si le rayon mesure plus de 600 mètres, on utilise sans inconvénient les rails ordinaires de 6 mètres, qui se confondent sensiblement avec la ligne courbe. Au besoin, on peut obtenir une légère inflexion en courbant le rail avec une pince ou de toute autre manière ; cependant cette courbure dure peu et il est préférable de s'en passer, ce qui est toujours possible avec des rails d'une longueur convenable.

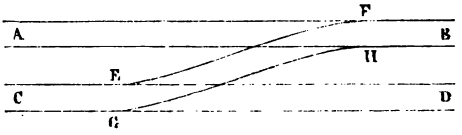
Pour compléter cette étude, nous avons réuni dans le tableau suivant les principaux chiffres qu'il est intéressant de connaître, comme poids et comme prix moyen des différents matériaux.

| DÉSIGNATION DES OBJETS. | POIDS. | PRIX. | OBSERVATIONS. |
|---|---|---|---|
| | | fr. c. | |
| Traverses de joint..... | // | 6,00 | Les traverses en chêne non injectées reviennent au même prix que les traverses en hêtre injectées. |
| Traverses intermédiaires. | // | 4,75 | |
| Traverses plus petites.... | // | 3,50 | |
| Coins..... | // | 0,10 | |
| Rails en fer, double champignon, mesurant 6m de long. | kg 225,00 | 41,60 | Le poids est donné pour 1 rail, 1 éclisse, quel que soit le genre ; le prix est également celui de chaque objet pris individuellement. (Extrait du dernier tarif de la Compagnie Paris-Lyon.) |
| Rails Vignole de 6m, en fer.. | 216,00 | 39,95 | |
| Id. 6m, acier fondu.... | 224,40 | 67,35 | |
| Id. avec patin plus large | 238,50 | 71,55 | |
| Éclisses en fer, p. rails Vign.. | 4,40 | 0,88 | |
| Id. avec 4 boulons..... | 5,30 | 1,06 | |
| Chevillettes, crampons, tire-fonds en fer..... | de 0,38 à 0,43 | 0,27 le kilogr. | |

Ce tableau pourra être utilement consulté (à titre de simple renseignement, bien entendu) par les officiers de tout grade qui auront des fournitures à réquisitionner ou à rembourser sur le territoire ennemi ; les poids des différents objets permettent, en outre, de calculer facilement le nombre de voitures de toute espèce qui serait nécessaire pour transporter le matériel destiné à la construction ou à la réparation d'une portion de voie d'une longueur connue.

*Aiguilles ou changements de voie* (*fig.* 13). — Pour faire passer les trains d'une voie AB sur une autre CD, on

Fig. 13.




emploie des rails intermédiaires EF, GH, dont les extrémités F, H, E, G sont amincies et peuvent exécuter un léger mouvement horizontal de droite à gauche ou de gauche à droite, de manière à venir s'appliquer tantôt contre une voie, tantôt contre l'autre. Nous donnons ci-contre (*fig.* 14) le dessin détaillé d'une aiguille ; V et V′ représentent les deux voies principales dont les rails extérieurs AB, CD sont fixes et installés suivant l'un des systèmes déjà connus. Il en est de même des portions de rails intérieurs EF, FG, HI, IK : nous n'avons donc pas à insister à ce sujet ; les dispositions ne diffèrent pas de celles employées sur les parties ordinaires de la voie. Les pointes F et I, qui sont formées par la réunion des rails intérieurs avec les

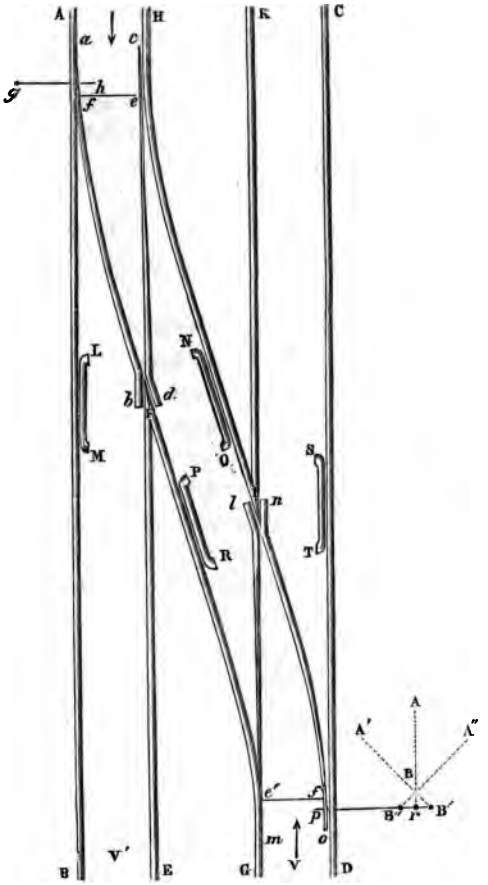



**Fig. 14. — *Détail d'une aiguille* (changement de voie). Le rayon des courbes de raccordement des aiguilles est d'environ 100 mètres. L'une des aiguilles est placée au point *r* pour la voie V, l'autre au point *g* pour la voie V'. L'aiguille *r* envoie la locomotive, qui marche dans le sens de la flèche, sur la voie principale V; l'aiguille *g* envoie la locomotive, qui marche dans le sens de l'autre flèche, sur la voie de raccordement.**

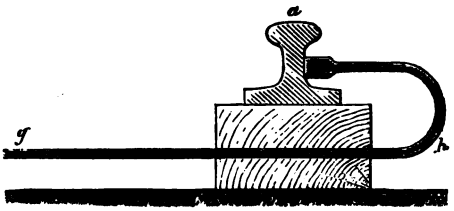
rails de jonction, sont toujours en acier fondu et reçoivent le nom de *cœur;* à droite et à gauche du cœur F se trouvent des *contre-rails* LM, NO, également fixes et en acier fondu; deux autres contre-rails PR, ST sont de même disposés à droite et à gauche du cœur I. Quant à l'aiguille proprement dite, elle se compose de deux rails en acier *ab*, *cd*, réunis par une tringle en fer *fe*, et amincis à leurs extrémités *a*, *c*. Ces rails sont les *lames* de l'aiguille dont le cœur est en F, comme *lm*, *no* sont les lames de l'aiguille dont le cœur est en I.

Pour ouvrir ou fermer la communication entre les deux voies, les extrémités amincies des lames de l'aiguille sont susceptibles d'un léger mouvement latéral, de sorte que leur lame mobile vient s'appliquer contre l'étranglement et sous le bourrelet du rail. Les deux lames de chaque aiguille n'en restent pas moins solidarisées par les tringles *ef*, *e'f'*, de manière à se mouvoir toujours ensemble et d'une seule pièce. Cette manœuvre s'exécute au moyen d'une tringle *gh* qui est fixée sur la lame extérieure *ab*, et mise en mouvement par un levier spécial. Il résulte de cette disposition que, si l'extrémité *a* vient s'appliquer contre la face intérieure du rail AB, l'extrémité *c* s'éloigne du rail HI; de même pour l'autre aiguille, l'extrémité *o* s'appliquant à l'intérieur du rail CD, l'extrémité *m* s'éloigne du rail FG.

L'ouvrier chargé d'ouvrir ou de fermer les communications se nomme *aiguilleur;* il manœuvre son aiguille, comme nous l'avons déjà dit, au moyen d'un levier spécial qui est placé à l'extérieur de la voie aux points *r*, *g*, et qui agit sur l'extrémité des tringles *gh*, *pr*. Ces tringles ne percent pas les rails, mais passent au-dessous et se recourbent en-

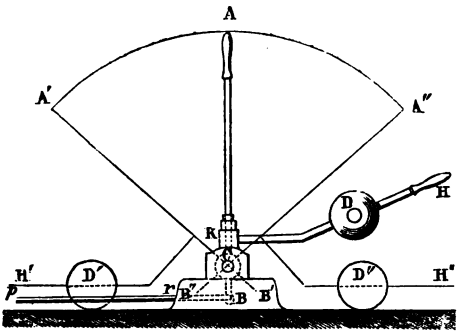
suite en col de cygne pour se fixer à la face opposée, comme l'indique la *fig.* 15. Le levier AB de l'aiguille

Fig. 15.




(*fig.* 16) est en fer; il peut pivoter dans un plan vertical autour de l'axe C; l'aiguilleur agit sur la poignée A, la tringle *pr* est fixée à l'extrémité B. Lorsque le levier occupe

Fig. 16.

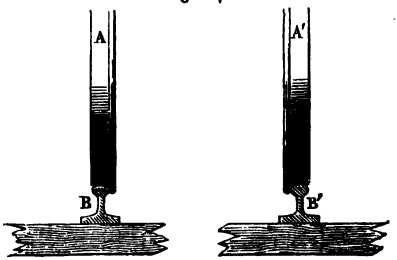



la position A' B' (*fig.* 14), la lame *np* s'applique contre la face intérieure du rail et la lame *lm* s'écarte du rail FG; dans la position A''B'', c'est l'inverse qui se produit. Pour maintenir l'aiguille dans la position voulue, une fois la manœuvre faite, on se sert d'un disque très-lourd D, porté

par un levier H ; ce levier peut tourner au moyen d'un collier autour de la tige AB ; on le fixe dans la position D′ ou D″ par une cheville en fer qui traverse à la fois le collier K et le levier AB. Voyons maintenant comment fonctionne l'aiguille suivant la position du levier AB.

Supposons un train engagé sur la voie V (*fig.* 14), dans le sens indiqué par la flèche ; l'aiguille est prise *en pointe* pour employer l'expression technique, et suivant que l'aiguilleur manœuvrera, la machine continuera sa course sur la voie V ou s'engagera sur la voie de raccordement. Si le levier occupe la position A′ B′, la lame *no* ferme le passage au point *o*, et la lame *lm* ouvre le passage au point *m* ; le train suit la voie de raccordement. Si le levier occupe la position A″B″, le passage est ouvert au point *o*, et fermé au point *m* ; la machine continue à suivre la voie V. Pour bien comprendre ce résultat, il faut savoir que les roues A,

Fig. 17.




A′ des machines et des wagons (*fig.* 17) sont munies d'un bourrelet circulaire qui s'appuie contre le flanc intérieur du rail B, B′. Ces bourrelets empêchent tout mouvement latéral et forcent les voitures à suivre la voie dans les changements de direction et dans les courbes.

Supposons donc la machine engagée sur la voie de raccordement; elle parvient sans difficulté jusqu'à hauteur du cœur I. Si alors le bourrelet de la roue de droite continuait à suivre la lame *no*, il se produirait évidemment un déraillement; mais la roue de gauche est prise au même instant entre le rail FG et le contre-rail PR : cette roue est donc obligée de continuer à suivre le rail FG; par conséquent la roue de droite passe sur le rail HI, et la machine arrive à hauteur du cœur F. Le même résultat se reproduit; seulement c'est la roue de droite qui est prise entre le rail HI et le contre-rail NO, et qui force la roue de gauche à passer du rail FG sur le rail *ab*. La machine arrive donc à hauteur des extrémités *a*, *c* des lames de la seconde aiguille, qui alors est dite *prise en talon*. Quelle que soit la position du levier placé au point *g*, le train continuera sa course sans difficulté et suivra la nouvelle voie V′. En effet, si le passage est libre au point *c*, il n'est pas besoin de démonstration ; mais il peut arriver que le passage soit fermé, c'est-à-dire que la lame *cd* soit appliquée contre le rail HI; dans ce cas, le bourrelet de la roue de droite s'introduit entre le rail HI et la lame mobile de l'aiguille *cd*, et la machine s'ouvre de force le passage en écartant elle-même la lame.

Les mêmes faits se reproduiraient en sens inverse si le train passait de la voie V′ sur la voie V ; l'aiguille *ab*, *cd* serait prise en pointe, tandis que l'aiguille *lm*, *np* serait prise en talon. Il peut encore arriver que le train suive la voie V en sens inverse de la flèche; mais nous n'aurons aucun nouveau détail à ajouter, car la machine prendra l'aiguille *lm*, *no* en talon et, par suite, passera naturellement, quelle que soit la position du levier placé au point *r*.

On dit qu'une aiguille *est faite* lorsqu'elle est disposée de façon à permettre le changement de voie ; ainsi, le levier étant dans la position A′B′, le disque D se trouve dans la position D′, le bout *p* de la lame est appliqué contre le rail CD, l'aiguille est faite. Le mécanicien qui arrive en suivant la voie V, dans le sens de la flèche, est averti de cette circonstance par la position du disque D′ qu'il voit *à gauche* du levier A′B′ ; il sait que sa locomotive prendra la voie *de gauche* et, par suite, rejoindra la voie V′. Si au contraire l'aiguille n'est pas faite, le levier AB occupe la position A″B″, le mécanicien voit le disque D en D″ *à droite* du levier AB : sa machine suivra donc la voie V et ne rejoindra pas la ligne V′.

Lorsque des trains lourdement chargés doivent passer sur l'aiguille, il est recommandé à l'aiguilleur de maintenir vigoureusement le levier dans la position voulue jusqu'à ce que le train ait complétement défilé. Voici la raison de cette mesure : si le train arrive par la voie V, dans le sens de la flèche, et prend l'aiguille en pointe, il se produit, au moment où chaque wagon s'engage sur la voie transversale, un soubresaut plus ou moins violent qui peut même éloigner le rail *no* du rail CD. Dans cette position, le passage est à moitié ouvert au point *o* et au point *m* ; dès lors les roues du wagon suivant engagent leurs bourrelets entre les rails fixes et les pointes *m*, *o* de l'aiguille qui sont mobiles, et par conséquent ces roues cessent de reposer sur les rails FG, CD qui vont en divergeant. Il résulte de là un déraillement dont les conséquences peuvent être fâcheuses. Si l'aiguilleur a le soin de maintenir le levier AB dans la position A′B′, la lame *no* ne peut pas quitter le rail CD, et toute espèce d'accident est impossible.

C'est aussi pour la même raison qu'il est expressément interdit à l'aiguilleur de manœuvrer son levier pendant le passage d'un train, lors même que celui-ci se trouverait engagé par erreur dans une fausse direction. Il faut attendre que tout le train ait défilé, le faire arrêter, puis reculer jusqu'à ce qu'il ait entièrement dépassé de nouveau la pointe de l'aiguille, et alors seulement manœuvrer le levier pour envoyer le train dans une direction convenable.

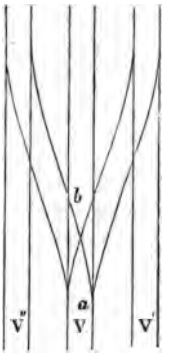
Si l'aiguille prise en pointe n'est pas faite, il n'en résulte pas un déraillement, mais seulement une fausse direction donnée au train ; cette négligence peut avoir toutefois des suites fâcheuses, si le mécanicien la laisse passer inaperçue, car le train, n'étant pas attendu dans la direction qu'il a prise, peut trouver cette voie encombrée et se heurter contre l'obstacle.

On voit par les considérations précédentes que la manœuvre de l'appareil ne présente aucune difficulté ; mais on voit aussi que l'aiguilleur doit apporter dans son service beaucoup d'attention et d'exactitude. De grands malheurs peuvent arriver au milieu de l'encombrement produit par les transports de troupes et de munitions en temps de guerre ; le seul moyen de prévenir les accidents de ce genre consistera toujours dans une surveillance continuelle et un service bien organisé.

*Aiguille double.* — L'aiguille est *simple* lorsqu'elle donne accès sur une seule voie ; deux aiguilles simples accouplées constituent une aiguille *double* et donnent accès sur deux voies différentes ; on trouve des appareils de ce genre dans presque toutes les gares. La *fig.* 18 représente

une aiguille double qui permet de passer de la voie V sur les voies V′ et V″ ; il est évident qu'on arriverait au même

Fig. 18.

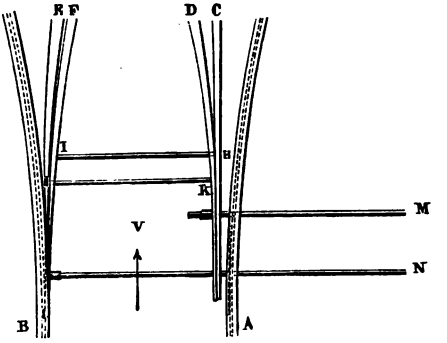



résultat en plaçant une première aiguille au point *a* et une seconde au delà du point *b*. Mais cette disposition exige une étendue de terrain considérable et des manœuvres très-longues : l'aiguille double convient donc mieux dans la plupart des cas. La *fig.* 19 donne le dessin détaillé du point d'origine de l'aiguille double et il serait inutile d'entrer dans une longue description, attendu que les dispositions sont les mêmes que pour les aiguilles simples. Voici seulement la légende explicative de la *fig.* 19.

L'aiguille formée par les deux lames D, E donne accès sur la voie V″ ; celle qui est formée par les deux lames C, F donne accès sur la voie V′. L'aiguille CF est solidarisée par la tringle HI qui traverse la lame D ; elle est manœuvrée par la tringle N qui passe au-dessous du rail A, de la lame D, et se recourbe en col de cygne pour se fixer sur

la face intérieure de la lame F. De même les deux lames de l'aiguille D, E sont solidarisées par la tringle KL qui

Fig. 19.



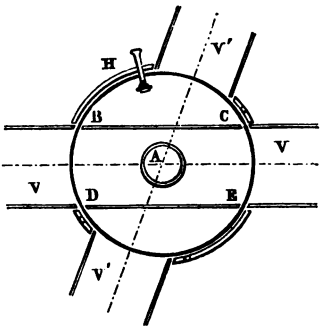

traverse la lame F ; l'aiguille DE est manœuvrée au moyen de la tringle M qui passe sous le rail A, la lame C, la lame D, et se recourbe en col de cygne pour se fixer contre la face intérieure de cette dernière. Il est bien entendu que chaque tringle M, N est munie d'un levier spécial pour la manœuvre.

Dans la position que ces leviers occupent sur la *fig.* 19, le train qui suit la voie V dans le sens de la flèche est envoyé sur la voie V'.

*Couvre-tringles.* — Les machines et les wagons laissent souvent pendre et traîner sur la voie des chaînes et des crochets qui pourraient saisir et briser, en passant, les tringles des aiguilles. Pour prévenir ces dégradations, on recouvre les tringles avec des chapes demi-cylindriques en tôle de fer, qui ont reçu le nom de *couvre-tringles*.

*Plaques tournantes* (*fig.* 20). — Lorsque l'espace utilisable pour les manœuvres est encore plus restreint, on opère les changements au moyen d'appareils spéciaux dits *plaques tournantes*. Ces plaques se composent en principe d'une plate-forme circulaire, qui peut tourner sur un pivot central et vertical A. Deux rails BC, DE sont fixés sur la plate-forme ;

Fig. 20.




ils présentent exactement les dimensions et l'écartement des rails qui constituent les voies ordinaires. Supposons que l'on veuille faire passer une machine de la voie V sur la voie V' ; on fait tourner la plaque jusqu'à ce que les rails BC, DE prolongent exactement la voie V et l'on pousse la machine sur la plaque. Comme cette plaque se trouve exactement au point d'intersection des deux voies, un simple mouvement de rotation imprimé à la plate-forme amène les rails BC, DE sur le prolongement de la voie V' ; on peut alors pousser la machine sur cette nouvelle voie. Il est facile de comprendre qu'il suffit de répéter cette manœuvre pour faire changer de voie un train tout entier, wagon par wagon. Les voies qui aboutissent à la plaque

peuvent former entre elles un angle quelconque; mais il faut que les axes de toutes ces voies se coupent exactement au centre de la plaque, et que les rails fixés sur la plate-forme soient parallèles entre eux et également distants du centre.

Pour immobiliser les plaques dans la position voulue, pendant que l'on manœuvre les voitures, on dispose tout autour de la plaque, dans les intervalles de la voie, un bourrelet circulaire en fer, muni d'autant d'encoches qu'il y a de voies; la plaque porte elle-même un loquet en fer H qui peut se relever pour laisser les mouvements libres, et retomber dans les encoches pour fixer la plaque.

*Signaux.* — Les signaux sont employés pour assurer la sécurité de l'exploitation, régler les manœuvres, transmettre au loin des ordres ou des avertissements, etc. On les classe en cinq grandes catégories :

1. Signaux à main;
2. Signaux fixes;
3. Signaux détonants;
4. Signaux de train;
5. Signaux des mécaniciens.

Leur connaissance est indispensable pour les officiers qui se trouvent chargés, même temporairement, de diriger un train ou une gare. Il est beaucoup plus simple en effet d'adopter d'avance et d'étudier des règlements qui existent et fonctionnent depuis longtemps, que de laisser à chacun la faculté d'imaginer au dernier moment les mesures nécessaires. Quelques-uns de ces signaux sont d'un emploi général sur nos grandes lignes, d'autres diffèrent un peu suivant les Compagnies. Quoi qu'il en soit, il serait bon de

ne pas oublier ce point essentiel dans nos règlements futurs sur la matière, afin que, le cas échéant, chacun sache bien ce qu'il doit faire suivant tel ou tel signal. Nous présentons dans cette étude les règlements en vigueur sur la compagnie de Paris-Lyon-Méditerranée, et nous allons indiquer succinctement la signification des différents signaux.

1. *Signaux à main.* — Les signaux à main sont de deux espèces : les signaux de jour et ceux de nuit.

Les signaux de jour s'exécutent avec un drapeau vert ou un drapeau rouge. Le drapeau roulé dans son fourreau indique que la voie est libre; le drapeau vert déployé commande le ralentissement; le drapeau rouge déployé commande l'arrêt immédiat. A défaut de drapeau rouge, l'arrêt est commandé, soit en agitant vivement de haut en bas et de bas en haut un objet quelconque, soit en élevant les bras de toute leur hauteur.

Les signaux de nuit s'exécutent avec une lanterne munie de verres de différentes couleurs, et qui donne un feu blanc, vert ou rouge suivant le verre tourné du côté de l'observateur. Le feu blanc indique que la voie est libre; le feu vert commande le ralentissement; le feu rouge commande l'arrêt immédiat. A défaut de feu rouge, toute lumière vivement agitée de haut en bas et de bas en haut commande l'arrêt. Quand une machine ou un train manœuvre sur la voie, le signal de marche est donné en agitant horizontalement, le jour un drapeau roulé ou le bras, la nuit une lumière blanche. Le signal d'arrêt est donné en agitant les mêmes objets de haut en bas et de bas en haut.

A défaut d'agents pour faire les signaux, un drapeau rouge placé dans l'axe d'une voie, le jour, et une lanterne à feu rouge dans la même position, la nuit, commandent

l'arrêt immédiat à tout train ou machine se présentant sur cette voie. Un drapeau vert ou une lanterne verte, placé près d'une voie principale à côté du rail extérieur, commande le ralentissement à tout train ou machine circulant sur cette voie; un drapeau blanc ou un feu blanc, placé à l'extérieur de la voie, indique le point où la vitesse normale peut être reprise.

L'approche des trains est signalée dans les gares, soit par une sonnerie électrique, soit avec une trompe, soit de toute autre manière.

2. *Signaux fixes.* — On distingue deux espèces de signaux fixes :

1° Les sémaphores;

2° Les disques avancés.

Leur emploi est réglementé d'une manière générale pour toute la ligne et ils s'adressent indifféremment à tous les trains ou machines qui parcourent la voie. Il y a encore d'autres signaux semblables en usage dans les gares; ils ne concernent pas le service général de la voie, mais s'adressent uniquement aux employés de la gare et aux mouvements sur place du matériel; ces signaux sont l'objet d'un règlement spécial, qui peut varier dans chaque gare et d'une gare à l'autre suivant les nécessités du service. Nous examinerons seulement dans cette étude les signaux fixes d'une application générale sur tout le parcours de la voie.

1° Sémaphores. — Le sémaphore se compose essentiellement d'un mât muni d'un ou deux bras mobiles pour les signaux de jour et de lanternes pour les signaux de nuit; on manœuvre les sémaphores *sur place* et ils sont employés à protéger, également *sur place*, les gares, les bifurcations, et en général tous les points sur lesquels la circulation des

trains et des machines, qui suivent les voies principales, peut rencontrer des obstacles. Ils sont employés également, dans les gares et dans les points intermédiaires, pour maintenir entre les trains se succédant dans le même sens les intervalles réglementaires. L'importance des sémaphores devient capitale si la voie se trouve encombrée, ce qui se produit fréquemment au moment du transport des troupes et pendant les hostilités. Quels que soient le genre et le but des sémaphores employés, les règles générales sont les suivantes :

Les bras du sémaphore peuvent prendre par rapport au mât trois positions différentes ; à angle droit (c'est-à-dire étendus horizontalement) ; à angle aigu ; enfin rabattus le long du mât. Quand il y a deux bras, l'un manœuvre à gauche du mât, l'autre à droite. Chaque bras du sémaphore présente naturellement deux faces ; l'une est peinte en rouge, l'autre en blanc ; dans tous les cas les machines et les trains n'ont à se préoccuper que de la *face rouge* qui les regarde.

En outre, si le sémaphore a deux bras, les machines et les trains n'ont à se préoccuper que du bras qui se présente *à gauche* en regardant le sémaphore vers lequel le train ou la machine se dirige.

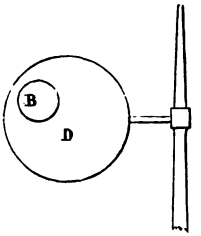
Ceci posé, le bras étendu horizontalement et transversalement à la voie indique l'arrêt immédiat ; à moitié rabattu, il ordonne le ralentissement ; et complétement rabattu, il indique que la voie est libre. Pour les signaux de nuit, on hisse une lanterne au sommet du mât ; le feu blanc indique que la voie est libre, le feu vert commande le ralentissement, et le feu rouge commande l'arrêt.

Les sémaphores destinés à protéger les bifurcations sont

précédés, à une distance variable suivant les pentes, d'un poteau d'avertissement. Ce poteau soutient un transparent, éclairé la nuit, sur lequel est écrit le mot *bifurcation*. Il marque le point où doivent s'arrêter les trains et machines, tant que le sémaphore n'a pas indiqué que la voie est libre.

2° Disques avancés. — Les disques avancés jouent à peu près le même rôle que les sémaphores; mais ils sont manœuvrés *à distance,* par des leviers, au moyen de fils de transmission. Ils servent à protéger, également *à distance,* les gares, les bifurcations et en général tous les points qui

Fig. 21.




nécessiteraient, sur place, l'emploi des sémaphores. Les disques avancés se composent d'un mât vertical semblable à celui des sémaphores, d'un disque circulaire D, qui mesure environ $0^{m},80$ de diamètre, enfin des agrès en fil de fer qui manœuvrent le disque. Celui-ci présente deux faces, l'une peinte en blanc, l'autre peinte en rouge; elles servent pour les signaux de jour. Pour les signaux de nuit, le disque est muni d'une ouverture B fermée par une vitre rouge, qui, suivant les manœuvres, cache ou découvre une lanterne fixe à feu blanc; on obtient ainsi un feu rouge ou blanc à volonté. A cet effet le disque est mobile autour du mât et

peut occuper deux positions différentes en décrivant un quart de cercle.

Pendant le jour, si le disque est effacé parallèlement à la voie, ou présente sa face blanche en travers de la voie, c'est que le passage est libre ; si le disque présente sa face rouge perpendiculairement à la voie, c'est un signal d'arrêt.

Pendant la nuit, la lanterne étant hissée, si le disque est effacé, la lanterne donne un feu blanc : la voie est libre ; si le disque est perpendiculaire, le verre rouge s'interpose entre la lanterne et l'observateur, qui voit alors un feu rouge : c'est un signal d'arrêt.

Cela ne suffirait pas encore pour garantir complétement la sécurité de l'exploitation : supposons, par exemple, que le mécanicien, trouvant la voie libre, dépasse le disque ; il faut nécessairement couvrir ce train en arrière pour éviter qu'un second convoi, arrivant par la même ligne, ne heurte le premier. On obtient ce résultat en donnant un feu rouge ; mais comme le disque se manœuvre à distance, il faut trouver un moyen de contrôler cette manœuvre et de s'assurer qu'elle a été faite.

Ce contrôle ne peut être exercé par les employés de la gare, attendu que le disque est généralement assez éloigné et parfois même invisible. En conséquence, les mécaniciens doivent s'assurer par eux-mêmes que leur train est bien couvert et signaler au besoin les négligences ou les retards dans la manœuvre du disque. Rien de plus facile pendant le jour ; le mécanicien ayant dépassé le disque avec le tiers des wagons qu'il conduit, doit se retourner et s'assurer que le disque lui présente sa face blanche perpendiculairement à la voie. Pour obtenir le même résultat pendant la nuit, on dispose une vitre bleue circulaire, au bout d'une

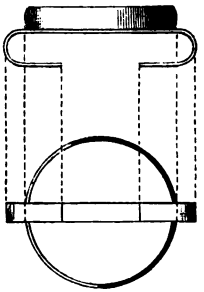
tringle et dans un plan perpendiculaire à celui du disque; cette vitre est entraînée dans tous les mouvements du disque principal. Il résulte de là que, si ce dernier est effacé, la vitre bleue se trouve perpendiculaire à la voie, et réciproquement, le grand disque étant perpendiculaire à la voie, le petit disque est effacé. Supposons maintenant la voie libre : le grand disque est effacé; le disque bleu se trouve derrière la lanterne; le mécanicien qui marche vers le signal voit naturellement de loin un feu blanc et ne s'arrête pas. Dès que le train passe de l'autre côté du signal, si la manœuvre de protection n'a pas été faite, le mécanicien aperçoit la lanterne à travers le disque bleu et se trouve averti de cette négligence; il peut, dès lors, signaler la manœuvre en entrant en gare et faire réparer cet oubli en temps opportun. Si, au contraire, les prescriptions sont bien observées, dès que le tiers du train a dépassé le signal, le grand disque se placera perpendiculairement à la voie, de manière à donner un feu rouge en avant du signal; en même temps le petit disque bleu s'effacera parallèlement à la voie. Le mécanicien qui vient de dépasser le signal verra donc un feu blanc et saura par là que la manœuvre est faite, tandis que celui qui suivrait à quelque distance verra un feu rouge et par suite devra s'arrêter.

3. *Signaux détonants.* — Les signaux détonants ou *pétards* sont employés le jour et la nuit, comme signaux d'avertissement et de ralentissement, pour maintenir entre les trains les intervalles réglementaires. Ils sont aussi employés pour indiquer aux trains qu'il y a en avant un obstacle à une distance plus ou moins grande.

Le pétard se compose d'une boîte circulaire en fer-blanc de la dimension d'une grosse montre, contenant une sub-

stance détonante; une bande en fer, recourbée à ses deux extrémités et formant ressort, est soudée à la partie inférieure de la boîte. Quand on veut se servir des pétards, on les place sur le rail, le ressort en dessous, et l'on pince avec

Fig. 22.



ce ressort le champignon supérieur du rail; la roue de la machine écrase la boîte en passant et détermine l'explosion. Par un temps sec, on se contente de placer deux pétards, qui sont fixés, l'un sur le rail de droite, l'autre sur le rail de gauche, à 25 ou 30 mètres l'un de l'autre. Par un temps très-humide, le nombre des pétards employés doit être porté à trois, espacés de la même manière. Le jour et la nuit, en temps de brouillard épais ou de tourmente ne permettant pas d'apercevoir les signaux à moins de 100 mètres de distance; enfin la nuit, lorsque les lanternes ne peuvent rester allumées, les pétards sont employés *comme complément* des signaux à main. Il doit en être de même dans les souterrains lorsque la fumée ne permet pas d'apercevoir les signaux à 100 mètres de distance au moins. Le premier pétard se place à 25 mètres de distance en

avant des signaux à main. L'emploi de ces engins détonants ne dispense jamais de faire usage simultanément des signaux ordinaires.

4. *Signaux de trains.* — Les trains en marche, sauf quelques exceptions pour le passage des tunnels et pour l'annonce des trains spéciaux, ne portent aucun signal pendant le jour. La nuit, les trains en marche portent à l'avant au moins une lanterne à feu blanc et à l'arrière au moins deux lanternes à feu rouge. La condition nécessaire et suffisante, c'est que les feux soient toujours placés de manière à pouvoir être facilement aperçus.

Dans certains cas exceptionnels, comme par exemple les jours qui précèdent les hostilités, il est parfois difficile de prévoir d'avance la marche de tous les trains. Quelquefois aussi, les télégraphes ne fonctionnant plus, il devient impossible d'aviser à temps les différentes gares de l'arrivée successive des convois. Chaque train est alors chargé d'annoncer le train suivant; en outre, et pour éviter les accidents, on fixe un drapeau rouge déployé à l'angle supérieur de droite de la dernière voiture à frein. La nuit, ce drapeau est remplacé par un feu vert, qui est fixé au-dessus du crochet d'attelage de la dernière voiture, au lieu et place d'un des feux rouges réglementaires. C'est alors au mécanicien du train suivant qu'il incombe de prendre les précautions nécessaires pour ne pas heurter celui qui précède.

5. *Signaux des mécaniciens.* — Pour communiquer avec les conducteurs des trains et avec les employés des gares, les mécaniciens se servent du sifflet à vapeur de leur machine.

*Un coup de sifflet prolongé* commande l'attention;

*Deux coups de sifflet brefs* prescrivent aux conducteurs de serrer leurs freins jusqu'à frottement;

*Plusieurs coups de sifflet saccadés* ordonnent aux conducteurs de serrer leurs freins jusqu'à refus;

*Un coup de sifflet bref* annonce la mise en marche et ordonne aux conducteurs de desserrer les freins.

Il est établi, en outre, sur le tender de chaque machine une cloche, disposée de telle manière que, le conducteur placé dans la vigie du fourgon de tête, puisse mettre le battant en mouvement au moyen d'une corde allant du fourgon au tender. Cette cloche donne le signal du départ et avertit le mécanicien toutes les fois qu'il y a lieu d'arrêter le train en marche.

*Bâtiments d'exploitation.* — Parmi les bâtiments qui servent à l'exploitation, les uns sont groupés autour des gares, les autres sont répartis sur la voie. Ces derniers consistent généralement en de petites maisonnettes, qui servent à l'habitation des gardes-barrières et des surveillants de la voie. On les trouve principalement sur les passages à niveau, c'est-à-dire aux points d'intersection des chemins et des routes avec la voie ferrée. Ces habitations seront utilisées, en campagne, pour abriter les petits postes qui exécutent des patrouilles et garantissent la sécurité de l'exploitation.

Tout le monde connaît la disposition générale des gares: ces établissements présentent d'habitude une agglomération de bâtiments, qui n'ont pas tous la même importance militaire; nous nous bornerons à étudier ceux qui offrent un intérêt spécial à ce dernier point de vue. On doit ranger dans cette catégorie les dépôts de machines, les

docks et les magasins, les appareils de chargement, tels que grues roulantes et tournantes, les appareils d'alimentation : grues hydrauliques, conduits, réservoirs d'eau, etc., etc. Dans chaque gare se trouve en outre un bureau spécial pourvu de tous les appareils télégraphiques; ce n'est pas la partie la moins importante du service, mais, comme les employés relèvent du service général de la télégraphie de campagne, nous nous contentons ici d'en signaler l'existence et l'utilité.

*Dépôts des machines.* — Le bâtiment le plus important au point de vue militaire, dans une grande gare, est le dépôt des machines. C'est là que viennent se remiser, se faire nettoyer et visiter, se faire mettre en pression les locomotives qui restent momentanément disponibles. Très-souvent des ateliers spéciaux sont annexés à ces dépôts pour exécuter sur place les petites réparations qui n'exigent pas l'envoi des machines dans les grandes usines. Le premier soin d'un officier qui est chargé, soit de détruire, soit d'occuper une gare, consiste à mettre la main sur le télégraphe et le dépôt des machines; quant aux wagons, ils sont la plupart du temps alignés sur les voies de garage et de manœuvre, ou remisés sous des hangars spéciaux, et n'ont évidemment une importance réelle que si on possède les moyens de les remorquer.

Le dépôt des machines consiste généralement en une rotonde circulaire ou demi-circulaire, dont le centre est occupé par une grande plaque tournante. Autour de cette plaque rayonnent un certain nombre de voies ferrées qui pénètrent dans la rotonde; les machines sont amenées sur la plaque au moyen des manœuvres ordinaires; il suffit

ensuite d'imprimer à la plate-forme un mouvement de rotation pour diriger la machine sur l'une quelconque des voies et lui donner accès dans la rotonde. Les forces d'un homme seraient insuffisantes pour manœuvrer ces lourds appareils ; on les remplace généralement par une petite machine à vapeur fixe, portée par la plate-forme elle-même, et qui lui imprime le mouvement de rotation convenable ; un seul ouvrier entretient et dirige la locomobile.

Lorsque les machines sont entrées dans le dépôt, il faut pouvoir les visiter et les nettoyer aisément ; à cet effet chaque locomotive s'arrête au-dessus d'une fosse en maçonnerie, creusée entre les rails. Les ouvriers descendent dans la fosse au moyen de quelques marches, et la profondeur est suffisante pour qu'on puisse circuler sans danger sous la machine.

Enfin dans les grands dépôts, comme celui de la Compagnie Paris-Lyon, à Paris, ou celui de la Compagnie de l'Ouest, aux Batignolles, on trouve la disposition suivante. La rotonde est remplacée par une immense salle rectangulaire ; les machines viennent se ranger le long des murs, sur deux larges trottoirs munis de rails parallèles entre eux et avec le petit côté du rectangle. Entre ces deux trottoirs, et en contre-bas, on a ménagé une grande avenue également munie de rails : seulement les rails de cette avenue sont parallèles aux grands côtés du rectangle et, par suite, perpendiculaires aux rails des trottoirs. Une plate-forme large et solide, montée sur des galets, occupe toute la largeur de l'avenue et peut rouler d'un bout à l'autre en en suivant les rails ; elle porte plusieurs jeux de rails parallèles entre eux, avec les rails des trottoirs, et avec les rails des voies d'entrée et de sortie du dépôt.

Ces jeux de rails, qui sont ainsi rendus mobiles, peuvent être amenés, d'abord sur le prolongement des voies d'entrée ou de sortie pour recevoir les machines, et ensuite vis-à-vis des rails posés sur les trottoirs, pour y conduire ces mêmes machines ou les en faire sortir. La manœuvre est très-simple : les machines sont engagées successivement dans la voie qui conduit au dépôt et poussées sur la plate-forme, qui peut en recevoir autant qu'elle a de jeux de rails. La plate-forme, mise en mouvement par sa locomobile, transporte successivement chaque locomotive devant la place qu'elle doit occuper, et il n'y a plus qu'à pousser ensuite les locomotives sur le trottoir. Les machines sont extraites du dépôt par une manœuvre inverse.

En tout temps, les dépôts des gares importantes renferment des machines dites *de réserve,* qui se tiennent sous pression aux ordres des chefs de gare et des chefs de dépôt; elles sont destinées, comme nous le verrons plus loin, à parer à toutes les éventualités qui peuvent se produire.

*Entrepôts, docks, etc.* — Les entrepôts et les docks servent à recevoir et à embarquer les marchandises encombrantes qui voyagent ordinairement par la petite vitesse, telles que le bétail sur pied, les munitions de guerre, les approvisionnements de toute nature, etc. Avec nos wagons actuels, c'est le seul point où puisse s'effectuer d'une manière commode l'embarquement de la cavalerie et de l'artillerie. Les magasins consistent généralement en de vastes hangars, fermés ou non, munis de tout le matériel nécessaire pour peser, mouvoir et arrimer les marchandises. Le terre-plein est solidement soutenu par un revêtement

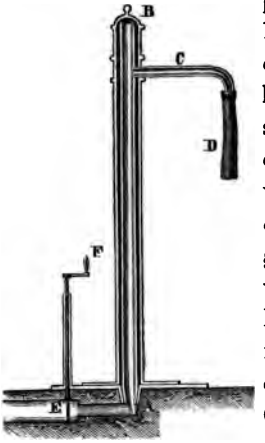
en maçonnerie ; il s'élève à une certaine hauteur au-dessus des voies ferrées qui l'enveloppent, et l'on y accède par des rampes ou des escaliers convenablement disposés. Tout est réglé de façon que la plate-forme des wagons, rangés le long du quai sur la voie de chargement, se trouve de niveau avec le terre-plein ; on établit la communication avec des ponts mobiles.

*Grues roulantes et tournantes.* — Ces appareils servent à charger et à décharger les wagons ; on les emploie aussi pour soulever les lourds fardeaux, poser et enlever les plaques tournantes, etc. Les unes sont fixes, les autres sont mobiles. Dans le premier cas, on conduit jusque sous la grue, au moyen des voies ferrées, les wagons qui doivent être chargés ou déchargés. L'appareil se compose d'une forte charpente sur laquelle est monté un treuil ; quelques-unes de ces grues peuvent soulever jusqu'à 40 000 kilogrammes. Lorsque la grue est mobile, on la monte généralement sur un chariot muni de galets et l'on conduit ainsi l'appareil à proximité des voitures qu'il s'agit de charger ou de décharger. Il y a encore des machines spéciales, qui sont connues sous le nom de *chèvres*, et qui fixées sur le sol peuvent néanmoins tourner sur place et transporter les fardeaux d'un point à un autre. On emploie depuis quelque temps, dans certaines gares, un nouveau système de chèvres qui rendrait de grands services pour le chargement et le déchargement des lourdes pièces d'artillerie. Ces chèvres sont basses, trapues, formées de pièces en fonte excessivement solides, et mobiles au moyen de petites roues qui suivent les voies ferrées. Quelques-unes de ces petites chèvres ont une

puissance aussi considérable que celle des énormes grues fixes dont nous avons parlé; en outre leur prix de revient est infiniment moins élevé et leur mobilité permet de les utiliser sur les différents points de la gare. Cette machine est essentiellement pratique et trouvera des applications militaires fréquentes.

*Appareils d'alimentation.* — L'eau qui doit servir à l'alimentation des machines et aux besoins intérieurs de la gare est contenue généralement dans des réservoirs ou châteaux d'eau, en tôle de fer, montés sur un solide bâti en maçonnerie. Des tuyaux de conduite amènent l'eau dans ces réservoirs, soit naturellement, soit par des moyens artificiels : pompes à vapeur, pompes hydrauliques, etc. D'autres tuyaux conduisent l'eau des réservoirs aux appareils d'alimentation proprement dits qui sont répartis sur différents points de la gare. Ces derniers reçoivent le nom de *grues hydrauliques* (*fig.* 23). Ils se composent généralement d'une première enveloppe en fonte, solidement boulonnée sur une plaque de même métal, maintenue elle-même dans des assises en maçonnerie. Cette enveloppe extérieure protége un tuyau cylindrique dans lequel l'eau des réservoirs monte naturellement. La partie inférieure du tuyau d'élévation s'emboîte dans un godet

Fig. 23.



en bronze de forme tronconique, et peut recevoir un mouvement de rotation dans ce godet A; la partie supérieure se termine également par un pivot fixé sous la chape B de l'enveloppe extérieure. Un tuyau horizontal C est brasé à angle droit sur le tube vertical et se termine par une manche en cuir D, qui pend verticalement de manière à diriger le liquide dans les caisses à eau du tender.

La communication entre les réservoirs d'alimentation et la grue hydraulique se fait, comme nous l'avons dit, au moyen de tuyaux souterrains, dont l'ouverture est fermée par une vanne E. Une manivelle F permet de lever ou de baisser la vanne de manière à introduire l'eau dans la grue ou à fermer le passage.

Quelques-uns des réservoirs installés dans les grandes gares contiennent jusqu'à 3000 mètres cubes d'eau; les plus petits ne peuvent guère fournir plus de 120 à 150 mètres cubes. Quand on veut renouveler la provision d'eau d'une machine, on conduit le tender sous la grue et l'on fait pivoter celle-ci jusqu'à ce que la manche en cuir, qui est désignée sous le nom de *bec de la grue*, vienne s'introduire dans la caisse à eau; on lève ensuite la vanne et la caisse se remplit naturellement. L'opération étant terminée, on abaisse la vanne et on fait pivoter le bras horizontal de la grue de manière que la manche laisse couler l'excédant du liquide dans une vaste cuve de bois disposée à cet effet.

Nous allons maintenant examiner le matériel de traction; il est inutile d'insister pour faire comprendre l'importance et l'opportunité d'une semblable étude, qui s'impose aujourd'hui à tous les officiers.

## CHAPITRE II.

### DESCRIPTION DU MATÉRIEL DE LA TRACTION.

Sur toutes les grandes voies ferrées, les trains de voyageurs ou de marchandises sont remorqués par des machines à vapeur dites *locomotives ;* suivant le service spécial auquel on les destine, les locomotives présentent certaines dispositions particulières, mais toutes appartiennent à la grande catégorie des machines à haute pression, à double effet et sans condensateur, dont les frères Stephenson peuvent être considérés comme ayant fourni le premier modèle, représenté par la *fig.* 25.

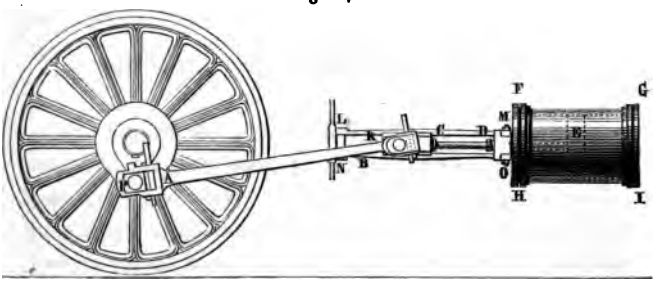
Nous ne voulons pas donner ici une théorie scientifique de cet admirable instrument de locomotion ; tout le monde connaît le principe fondamental des machines à vapeur qui circulent journellement sous nos yeux ; il nous suffira de décrire les différentes pièces et d'expliquer leur fonctionnement pratique.

Les roues de la machine sont mises en mouvement par une bielle AB articulée à la tige CD d'un piston E (*fig.* 24).

Celui-ci est enfermé dans un cylindre horizontal FGHI qui lui sert de gaîne. La vapeur arrive dans le cylindre tantôt par l'une, tantôt par l'autre des extrémités ; sa force d'expansion agit donc tantôt sur une face du piston, tantôt sur l'autre, et donne à ce piston un mouvement

alternatif de va-et-vient. La bielle transforme ce mouvement horizontal en un mouvement circulaire et la machine roule sur les rails en avançant ou en reculant. Pour bien

Fig. 24.




se rendre compte du rôle que jouent les diverses parties d'une locomotive, il faut examiner les pièces principales séparément et successivement ; on peut ensuite saisir sans difficulté les relations de ces pièces entre elles et les dispositions pratiques adoptées pour faciliter la manœuvre.

*Chaudière.* — La partie essentielle dans une locomotive, c'est évidemment la chaudière, qui sert de générateur à la vapeur. On n'est pas arrivé du premier coup à la forme et aux dispositions qui sont actuellement adoptées : il a fallu bien des tâtonnements, et il y a loin des locomotives Crampton ou Engerth aux chariots à vapeur de Cugnot et aux locomotives à béquilles de Brunton.

Toutes choses égales d'ailleurs, la puissance de la machine dépend de la quantité de vapeur que sa chaudière peut produire dans un temps donné. Le problème à résoudre était donc celui-ci : obtenir le plus de vapeur

possible, dans le moins de temps et avec le moins de dépense possible. Il y avait un moyen, en apparence bien simple, d'accroître presque indéfiniment la production de la vapeur : il suffisait d'augmenter la puissance du foyer et l'étendue de la surface de chauffe; mais ces deux éléments sont forcément très-limités dans la pratique, et par suite le double problème mécanique et économique pou-

Fig. 25.

vait paraître insoluble. Voici comment on a vaincu cette difficulté. Au lieu de placer le foyer A au-dessous de la chaudière B (*fig.* 25), on le dispose en avant et en contre-

bas de cette chaudière, comme le représente la figure; on distingue dans le foyer : *la grille* sur laquelle brûle le combustible, *la porte* A (*fig.* 33) par laquelle on introduit le charbon, *les murailles latérales*, et enfin *le ciel* du foyer. L'ensemble représente une boîte à peu près cubique nommée *boîte à feu*. Lorsque la chaudière est en activité, le niveau de l'eau dépasse constamment le ciel du foyer, de sorte que, sur les six faces de la boîte à feu, il y en a quatre qui sont toujours baignées par le liquide. Dans l'intérieur du liquide sont noyés des *tubes à feu,* qui traversent la chaudière de bout en bout, et sont ouverts à leurs deux extrémités; chaque extrémité se trouve fixée sur les plaques de fond de la chaudière. A cet effet, ces plaques de fond sont percées de trous légèrement alésés extérieurement; le tube à feu, qui est en cuivre, traverse la plaque et se trouve ensuite *maté* de l'autre côté. Cette opération consiste à élargir l'orifice du tube et à le rabattre, en le renversant au moyen d'un marteau, sur la partie alésée.

Pour se rendre du foyer à la cheminée, la flamme doit traverser les tubes à feu d'un bout à l'autre; comme ces tubes sont noyés dans le liquide et échauffés sur tout leur parcours, on voit que cette disposition permet d'augmenter dans une proportion considérable la surface de chauffe, sans qu'il soit nécessaire d'élargir outre mesure les flancs de la chaudière. Tel est le principe sur lequel reposent les chaudières dites *tubulaires* actuellement en usage; voici maintenant quelques détails sur la disposition de ces appareils. La chaudière BB est formée de deux enveloppes concentriques en fer, entre lesquelles on interpose une troisième enveloppe en bois pour diminuer la déperdition de la chaleur. L'ensemble affecte générale-

ment la forme cylindrique. On pourrait s'étonner de voir préférer cette forme, attendu qu'elle ne donne pour le même volume qu'une surface de chauffe minimum, ce qui est dans l'espèce un inconvénient; mais on obtient comme compensation un avantage considérable, car la forme cylindrique est celle qui résiste le mieux à l'écrasement ou à l'éclatement. D'ailleurs le défaut dont nous avons parlé est plus apparent que réel ; nous savons, en effet, que les tubes traversés par la flamme donnent une surface de chauffe très-considérable, qu'il serait pratiquement impossible d'obtenir par un accroissement des dimensions de la chaudière. Au moyen de cette disposition, on produit une quantité énorme de vapeur en très-peu de temps, et les parois de la chaudière sont soumises à des pressions considérables; si l'appareil n'était pas en état de résister à cette pression, l'existence des mécaniciens comme celle des voyageurs serait en danger, et l'exploitation, ne présentant plus une sécurité suffisante, deviendrait impossible. On a donc adopté pour les chaudières la forme cylindrique, et, afin d'augmenter encore la force de résistance des parois, on les consolide à l'extérieur avec des cercles en fer forgé, solidement boulonnés. Les chaudières sont timbrées généralement à huit ou neuf atmosphères; ce chiffre indique la limite de pression que le mécanicien ne doit jamais dépasser ; mais les chaudières peuvent résister à des tensions beaucoup plus considérables, et l'on a soin de s'en assurer par des épreuves préliminaires.

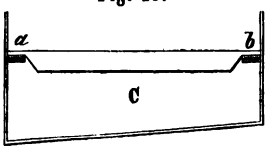
Nous avons dit que la chaudière est traversée par des tubes en cuivre solidement matés sur les fonds, et qui s'ouvrent d'une part dans la boîte à feu, de l'autre dans la boîte à fumée. Le nombre et le diamètre de ces tubes

varient suivant le modèle de la chaudière ; dans certaines locomotives il y en a cent, cent vingt, et quelquefois davantage ; la surface de chauffe qu'ils fournissent peut atteindre jusqu'à 200 mètres carrés. Pour donner une idée de la puissance de vaporisation que possèdent ces appareils, il suffira de dire qu'ils peuvent transformer 8000 kilogrammes d'eau en vapeur dans une heure.

Le niveau de l'eau dans la chaudière ne doit jamais descendre au-dessous d'une ligne DD′ qui est fixée par l'expérience. On comprend, en effet, que si la chaudière n'était pas alimentée d'une manière convenable, il arriverait un moment où les tubes venant à émerger seraient portés à une température très-élevée. Si alors on introduisait une nouvelle quantité de liquide dans la chaudière, il se produirait instantanément une masse énorme de vapeur qui pourrait déterminer l'explosion. Nous verrons plus tard quelles sont les précautions adoptées pour signaler ce danger et le prévenir autant que possible.

*Boîte à feu.* — La boîte à feu A (*fig.* 25) s'ouvre à l'arrière de la locomotive par une porte en fer que l'on manœuvre au moyen d'une chaîne. Les parois latérales sont

Fig. 26.

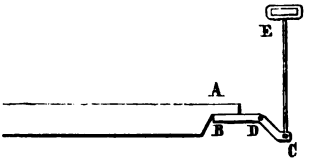



formées de plaques également en fer forgé, réunies par des entretoises et solidement boulonnées ; le fond de la boîte à feu est un peu plus épais que les deux murailles, parce

que son usure est plus rapide. Le bas de cette boîte, qui constitue le foyer proprement dit, est composé de barres en fer *ab* (*fig.* 26), affectant à peu près la forme d'une lame de couteau et posées de champ, le tranchant en bas. Le tirage se fait par les interstices et un mécanisme très-simple permet au chauffeur de jeter instantanément le feu sur la voie. Un cendrier C est suspendu au-dessous du foyer pour recevoir les scories. Voici quelques détails sur les dispositions adoptées par certaines Compagnies pour leurs foyers et leurs cendriers.

Sur la ligne d'Orléans, les mécaniciens emploient la disposition suivante pour jeter leur feu. L'extrémité A des barres qui constituent le foyer (*fig.* 27) repose sur une console BC mobile autour d'un pivot D. L'autre extré-

Fig. 27.




mité C de la console s'articule avec une tige verticale CE, munie d'une poignée qui affleure la plate-forme de la locomotive. Cette poignée est dissimulée par une petite plaque en tôle, qui se lève ou s'abaisse comme une trappe en tournant autour d'une charnière. Lorsque le mécanicien veut se débarrasser de son feu, il soulève la trappe qui se trouve sous ses pieds, devant la porte du foyer, il saisit la poignée de la tige et tire fortement à lui ; la console bascule et les barres du foyer tombent dans le cendrier en entraînant le charbon.

La Compagnie de l'Ouest emploie des cendriers dont la paroi antérieure peut se relever ou s'abaisser au moyen d'un mécanisme semblable. Lorsque la plaque retombe, elle ferme hermétiquement la caisse du cendrier et arrête par conséquent le tirage du foyer; lorsque la plaque est relevée, l'air pénètre dans le cendrier et par suite dans le foyer : le tirage s'établit. Avec ce système, le couvercle qui recouvre parfois la cheminée devient inutile et on le supprime.

La Compagnie du Nord remplace les cendriers par des caisses en fer, qui descendent jusqu'à 12 centimètres au-dessus des rails et sont ouvertes par en bas; cet appareil suffit pour empêcher les flammèches et les escarbilles de s'envoler au loin; il explique en même temps pourquoi la ligne du Nord est couverte de débris de charbon à moitié consumé.

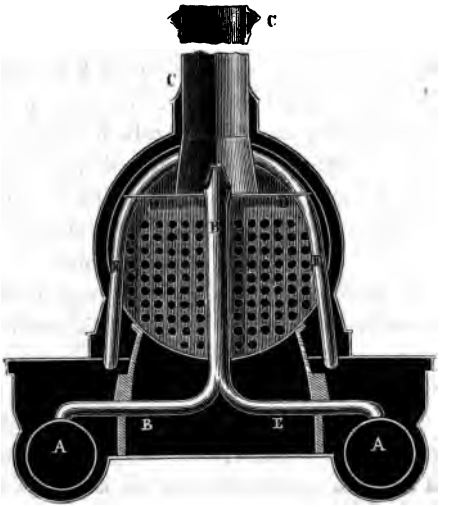
Enfin quelques locomotives de la Compagnie du Nord sont pourvues de foyers particuliers. Le milieu de la boîte à feu est occupé par un bouilleur; le fond de la boîte, au lieu d'être horizontal, présente une forte inclinaison, qui se continue jusqu'à la gueule du foyer. On charge le foyer autant que possible, et le charbon descend ensuite par son propre poids au fur et à mesure qu'il se consume; la combustion s'achève sur la grille. Ces foyers n'ont pas donné tous les résultats qu'on en attendait; les mécaniciens leur reprochent surtout d'être difficiles à nettoyer et à entretenir; somme toute, ils ne se sont guère montrés supérieurs au système ordinaire à tous les autres points de vue.

*Boîte à fumée* (*fig.* 28). — La boîte à fumée C

(*fig.* 25) s'ouvre à l'avant de la locomotive ; sa porte en fer, à deux battants, présente une ouverture assez grande pour qu'un homme puisse aisément s'introduire dans la boîte et la nettoyer. La cheminée de la locomotive, en tôle de fer, n'est que le prolongement vertical de la boîte à fumée ; la bouche de la cheminée est souvent munie d'un couvercle, qui peut se lever ou s'abaisser à volonté, de manière à interrompre ou à permettre le tirage.

La *fig.* 28 représente une coupe intérieure de la boîte à fumée. La cheminée C est soutenue par les deux arcs-

Fig. 28.




boutants F, F en fer creux ; la plaque en fer DD, qui ferme antérieurement la chaudière, laisse voir les orifices circulaires des tubes à feu ; les deux cylindres dans les-

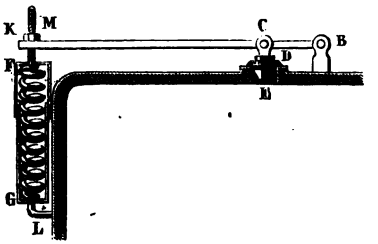
quels se meuvent les pistons sont représentés en A, A. Deux tubes B, E en fer creux communiquent avec l'intérieur des cylindres et se réunissent en un seul, B, qui monte verticalement dans la cheminée. L'extrémité supérieure de ce tube B est formée par deux valves, qui peuvent se rapprocher ou s'éloigner à volonté au moyen d'un mécanisme très-simple. La vapeur qui vient d'agir sur les pistons s'échappe dans la cheminée en suivant le tube B; il est clair qu'on aurait pu s'en débarrasser de toute autre manière, par exemple en mettant directement le cylindre en communication avec l'extérieur, mais le *tube d'échappement* B remplit d'autres fonctions très-importantes. Lorsque le mécanicien a besoin d'un tirage extrêmement actif, il ferme plus ou moins les valves B et dirige ainsi dans la cheminée un jet de vapeur d'autant plus rapide que l'ouverture est plus petite. Le tube B remplit alors les fonctions de souffleur; plus les coups de piston sont précipités, plus les jets de vapeur se succèdent rapidement dans la cheminée. C'est ainsi que s'explique la respiration haletante, entrecoupée, d'une machine en marche. Lorsque ce moyen ne suffit pas ou ne peut pas être employé, ce qui arrive, par exemple, quand la machine est au repos, on y supplée au moyen d'un tube horizontal, qui débouche également dans la cheminée où il se redresse verticalement, et qui prend la vapeur directement à la chaudière. Le mécanicien, suivant les circonstances, ouvre ou ferme la communication, au moyen d'un robinet mû par une longue tringle, et un mouvement de sonnette. Il peut ainsi diriger dans la cheminée un courant de vapeur très-rapide qui accélère encore le tirage. L'emploi de ce second souffleur explique le bruissement, le

ronflement uniforme et continu qu'on entend quelquefois dans la cheminée d'une locomotive en marche ou au repos. On a dû remarquer qu'il tombait alors tout autour de la machine une espèce de buée, de pluie très-fine; elle provient tout simplement de la vapeur lancée par le tuyau soufflleur, qui se condense dans l'atmosphère et retombe en pluie sur le sol.

Pour en finir avec ce qui concerne la chaudière, il nous reste à dire deux mots des appareils de sûreté et du sifflet.

*Balances* (*fig.* 29). — L'appareil ou soupape de sûreté a pour but de prévenir les explosions en livrant passage à la vapeur lorsqu'elle atteint la pression maximum déterminée pour la chaudière. Les soupapes, au nombre de deux, sont généralement disposées sur le dôme de la chaudière à droite et à gauche du sifflet. Elles se composent d'un levier horizontal KB, mobile autour du

Fig. 29.




point fixe B (*fig.* 29). Au point C de ce levier est articulée une tige en fer CD qui porte la soupape E; l'autre extrémité K est de même reliée au moyen d'une tige verticale KF avec un ressort à boudin, et par ce ressort avec

une pièce fixe GL. Il suit de là que la soupape ne peut s'ouvrir sans étirer les spirales du ressort à boudin ; or ce dernier a une force suffisante, grâce à la longueur du bras de levier BK, pour tenir cette soupape fermée tant que la pression de la vapeur ne dépasse pas une certaine limite. Lorsque cette limite est dépassée, la soupape E se soulève et la vapeur s'échappe en produisant ce bruit strident que tout le monde a entendu. Ainsi la pression montera d'autant plus dans la chaudière que le ressort à boudin aura été bandé davantage, c'est-à-dire qu'on aura écarté davantage les spirales de ce ressort à boudin.

On règle la tension du ressort au moyen d'un écrou M, qui s'appuie sur l'extrémité K du levier, de manière que la soupape E ferme complétement l'ouverture de la chaudière. Cet écrou est taraudé intérieurement et peut tourner, *sans monter ni descendre,* autour de la partie filetée de la tige KF. Si l'on visse l'écrou M comme pour le faire descendre, la tige KF remonte en étirant les spirales du ressort à boudin et celui-ci *se bande* de plus en plus. Si l'on fait tourner l'écrou en sens inverse, la tige KF descend, les spirales du ressort reviennent progressivement à leur position normale, et le ressort *se débande* de plus en plus.

Afin de préserver le ressort à spirale de toute espèce d'accident, on l'enferme généralement sous une enveloppe cylindrique en cuivre, composée de deux gaînes qui s'emboîtent et peuvent glisser l'une dans l'autre. La gaîne intérieure fait corps avec l'extrémité inférieure du ressort à boudin et la pièce fixe GL ; la gaîne extérieure fait corps avec l'extrémité supérieure du ressort et la tige filetée KF. On comprend que, par suite de cette disposition, lorsque la

tige KF remonte (ce qui arrive lorsqu'on bande le ressort), la gaîne extérieure découvre plus ou moins la gaîne intérieure; des graduations marquées sur cette dernière enveloppe indiquent la tension croissante du ressort, et par suite la pression à laquelle il peut faire équilibre. Dès que la vapeur de la chaudière atteint une tension supérieure à celle qu'indiquent les balances, la soupape est soulevée, la vapeur s'échappe et l'équilibre se rétablit automatiquement. Les balances sont représentées en E, F (*fig.* 33).

Nous placerons ici une observation, qui n'est pas sans importance dans la pratique. Les soupapes de sûreté s'ouvrent lorsque la vapeur atteint une certaine pression; mais les chaudières peuvent résister à une pression bien plus considérable, comme nous l'avons déjà dit. Les mécaniciens le savent bien; aussi lorsqu'ils ont un intérêt quelconque à laisser monter la pression (par exemple si le train a du retard, si la machine est trop chargée, etc.), ils calent les balances pour les empêcher de fonctionner. Il est facile de comprendre à quels dangers de pareilles imprudences exposent les voyageurs et le matériel du train; c'est par une surveillance spéciale et attentive, par des peines sévères, qu'on empêche ou qu'on réprime les fautes de ce genre.

*Sifflet.* — Le sifflet se compose d'un timbre hémisphérique en métal sonore, et d'une soupape permettant de diriger contre la tranche du timbre un jet de vapeur plus ou moins fort. Au moyen de cet appareil, le mécanicien peut communiquer à grande distance avec les divers employés de son train, des gares, ou de la voie. Il lui

suffit pour cela d'ouvrir plus ou moins la soupape au moyen d'un levier qu'il a sous la main ; le jet de vapeur qui s'élance de la chaudière rencontre la tranche du timbre et lui imprime un mouvement rapide de vibration. On obtient ainsi des coups de sifflet brefs ou prolongés suivant les besoins ; voici quelle est la disposition pratique de l'appareil : le sifflet est représenté en G (*fig.* 25) ; la soupape qui livre passage à la vapeur s'ouvre de l'extérieur à l'intérieur et de haut en bas, lorsqu'on appuie sur le petit levier ; dès qu'on cesse d'appuyer, un ressort à boudin, qui est placé au-dessus du timbre et qui s'arc-boute contre un écrou, vient en aide à la pression de la vapeur et fait remonter la soupape. Le timbre inférieur est presque complétement fermé par un disque circulaire, qui ne laisse sur le pourtour qu'une fente étroite, par laquelle doit passer la vapeur pour venir se heurter contre la tranche du timbre supérieur. L'appareil complet se visse sur le dôme de la chaudière, et le levier se trouve constamment sous la main du mécanicien.

*Pistons et cylindres.* — Les pistons sur lesquels agit la vapeur sont au nombre de deux ; on les place à droite et à gauche de la machine, soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des roues. Dans les locomotives actuelles, les pistons sont presque toujours visibles, c'est-à-dire placés extérieurement : on a remarqué, en effet, que cette disposition facilite la surveillance, le nettoyage et les réparations ; elle permet en outre d'employer des essieux rectilignes qui sont plus faciles à fabriquer et durent plus longtemps que les essieux coudés. En revanche, cette disposition occasionne, pendant la marche à grande vitesse, un mou-

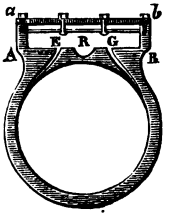
vement de lacet qui est parfois gênant. Chaque piston joue dans un cylindre en fer forgé, hermétiquement fermé à chaque extrémité au moyen de plaques en fonte boulonnées, et solidement fixé au bâti de la machine. L'obturation est obtenue par l'ajustage parfait de toutes les pièces, sans l'interposition d'aucun corps étranger; le piston, en fer forgé comme le cylindre, est constamment lubrifié avec de l'huile et se meut à frottement exact dans son enveloppe (*fig.* 30).

Chaque cylindre communique avec une boîte en fer, dans laquelle pénètre directement la vapeur de la chaudière, et qui est désignée pour cela sous le nom de *boîte à vapeur.* La vapeur s'introduit ensuite dans le cylindre au moyen de deux rainures pratiquées dans l'épaisseur du métal et qui ont reçu le nom de *lumières d'introduction :* chaque lumière présente donc une ouverture *extérieure* dans la boîte à vapeur, et une ouverture *intérieure* dans le cylindre. Les lumières d'introduction E, G (*fig.* 30) sont pratiquées obliquement dans l'épaisseur des parois du cylindre, de façon que les ouvertures intérieures se trouvent plus éloignées l'une de l'autre que les ouvertures extérieures; les premières débouchent à chaque extrémité du cylindre, près des plaques d'obturation, afin que la vapeur agisse, tantôt sur l'une des faces du piston, tantôt sur l'autre.

*Boîte à vapeur. Tiroir* (*fig.* 30). — La boîte à vapeur est pratiquée dans la partie supérieure des parois du cylindre qui ont été épaissies et aplanies à cet effet, comme le montre la *fig.* 30. Cette boîte se ferme extérieurement au moyen d'une plaque rectangulaire en fonte

solidement boulonnée, *ab*. La vapeur est amenée dans la boîte par un gros tuyau DD'D (*fig.* 25) qui prend la vapeur dans le dôme placé sur la chaudière. Il faut ensuite diriger cette vapeur, tantôt à l'avant, tantôt à l'arrière du piston ; cette opération se fait mécaniquement, au moyen d'une plaque métallique nommée *tiroir,* qui joue

Fig. 30.

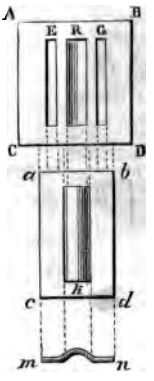



dans la boîte à vapeur en glissant sur *la glace* AB, et qui découvre successivement l'une ou l'autre des ouvertures extérieures des lumières d'introduction. Nous allons étudier d'abord la boîte à vapeur, puis le tiroir ; nous expliquerons ensuite de quelle manière ce dernier fonctionne dans la boîte.

Si l'on enlève la plaque de fermeture, puis le tiroir, l'intérieur de la boîte à vapeur apparaît tel que le représente la *fig.* 31. Les deux ouvertures extérieures des lumières d'introduction sont désignées par les lettres E, G ; entre ces deux lumières E, G, on remarque une rigole un peu plus large R, destinée à conduire dans la cheminée la vapeur qui s'échappe du cylindre après avoir agi sur le piston. Cette rigole a reçu le nom de *lumière d'échappement ;* elle ne communique pas directement avec l'intérieur du cylindre ; la vapeur sort par les ouvertures E, G, qui

lui ont servi à entrer, et passe ensuite par la rigole R pour gagner la cheminée. A cet effet, la lumière d'échappement R augmente de profondeur en allant d'une extrémité à l'autre et, parvenue au point R, traverse de l'autre côté de la plaque ABCD pour déboucher dans le tuyau d'échappement B dont nous avons parlé en décrivant la boîte à fumée.

Fig. 31.

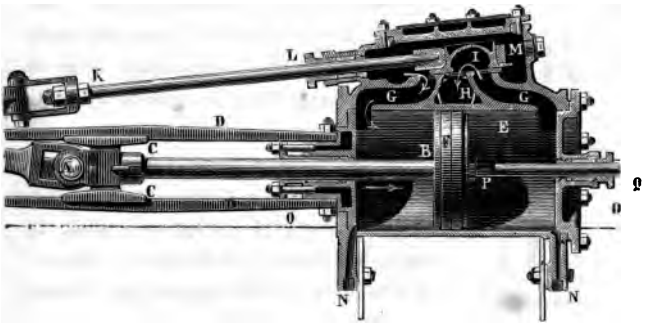



Le tiroir est figuré par le rectangle *abcd*; il est vu par sa face supérieure, celle qui reste à découvert lorsqu'on enlève la plaque de fermeture de la boîte à vapeur; le pointillé indique le rapport des dimensions entre chaque partie de ces deux pièces; enfin la figure inférieure représente une coupe faite parallèlement à la ligne *ab*, et vers la partie médiane du tiroir. On voit que la dépression demi-cylindrique *k* n'occupe qu'une partie de la longueur du tiroir et présente une largeur supérieure à celle de la lumière d'échappement R. Lorsque le tiroir est posé sur la boîte à fumée, l'assemblage des deux cavités *k* et R constitue une espèce de canal presque cylindrique, fermé à l'une des extrémités et s'ouvrant par l'autre dans le tube d'échappement B (*fig.* 25). Les surfaces de frottement du tiroir et de la boîte à vapeur sont parfaitement dressées de manière à rester toujours en contact; on les lubrifie avec de l'huile pour faciliter le glissement.

La *fig.* 32 représente une coupe de l'assemblage de la boîte à vapeur, du tiroir, du cylindre et du piston; on peut suivre sur cette figure la marche de la vapeur et le jeu du mécanisme. Nous supposerons que le tiroir dans

son mouvement alternatif vient de découvrir une des lumières d'introduction G, et que la vapeur pénètre dans

Fig. 32.




**AB, tige du piston articulée en A avec la bielle**
**CC, glissière montée sur la tige du piston;**
**D, D, directrices de la glissière;**
**EE, cylindre muni à chaque extrémité d'une boîte à étoupes dans laquelle glisse la tige du piston;**
**F, piston, avec ses deux orifices G, G intérieurs, par lesquels pénètre et s'échappe la vapeur, et son tuyau d'échappement H, qui conduit la vapeur dans la cheminée;**
**I, tiroir, avec sa tige KL, qui traverse une boîte à étoupes;**
**MM, boîte à fumée;**
**N, N, tuyaux purgeurs du cylindre;**
**OO, bâti de la machine.**

**Nota. — Cette figure donne une disposition spéciale usitée dans les locomotives Crampton. Les roues motrices se trouvent à l'arrière de la machine, et les roues de devant sont mues, comme celles de derrière, au moyen d'une bielle articulée sur la tige PQ du piston. Ce dernier est donc muni de deux tiges et agit simultanément sur deux paires de roues. En supprimant la seconde tige PQ, on a le dispositif ordinaire des machines.**

le compartiment B du cylindre ; le piston poussé en avant marche vers la droite de la figure en comprimant la vapeur qui se trouve dans le compartiment E. Il faut néces-

sairement que cette vapeur trouve une issue; on voit que la dépression du tiroir représentée en *k* dans la *fig.* 31 est représentée dans la *fig.* 32 par la demi-circonférence I; on voit aussi que cette dépression forme une espèce de voûte qui recouvre en même temps la seconde lumière d'introduction G et la lumière d'échappement H. Il résulte de cette disposition fort simple que la vapeur du compartiment E, comprimée par le cylindre, gagne la lumière d'introduction correspondante, passe de là sous la dépression demi-cylindrique du tiroir où elle trouve la lumière d'échappement, et débouche enfin dans la cheminée en suivant le tube d'échappement B.

A peine cette évolution est-elle terminée que le tiroir revient en arrière, découvre la lumière d'introduction de droite, ferme celle de gauche, et met cette dernière en communication avec la lumière d'échappement H. La vapeur se précipite aussitôt dans le compartiment E du cylindre, repousse le piston, et les phénomènes que nous avons étudiés se reproduisent en sens inverse.

Dans cette *fig.* 32, la tige CB du piston F se prolonge de l'autre côté du piston par la tige PQ; cette disposition est employée quelquefois pour faire agir la vapeur sur deux couples de roues motrices. Les cylindres sont alors placés entre les deux couples de roues; chaque roue est munie d'une bielle comme celle de la *fig.* 24, et chaque bielle s'articule directement sur l'une des tiges des pistons. Dans la *fig.* 32, KL représente la tige du tiroir; OO, le bâti de la machine sur lequel sont montés les cylindres.

Il nous reste à expliquer comment ce mouvement alternatif du piston est transformé en un mouvement circulaire. Nous avons donné (*fig.* 24) une vue d'ensemble qui

représente la roue de la locomotive, la bielle motrice et le piston ; la tige CD du piston porte un appendice à rainure CK, qui glisse le long de deux directrices horizontales LM, NO. A l'extrémité C de cette tige s'articule la bielle BA ; celle-ci s'attache par son autre extrémité A sur un bouton P qui fait corps avec la roue. Comme la roue est elle-même invariablement liée avec l'essieu, il en résulte naturellement que celui-ci reçoit l'action du piston par l'intermédiaire de la bielle. Le bouton P ne se trouve pas au centre de la roue, mais bien en dehors ; c'est une disposition analogue à celle qu'on remarque dans les meules de remouleur ; l'effet produit est également le même. Nous allons étudier un peu plus à fond la construction et la disposition des roues de locomotive et nous indiquerons au fur et à mesure les détails importants au point de vue pratique.

*Roues des locomotives et des wagons.* — Les modèles de roues employées varient beaucoup comme dimension et comme construction. En général, on réserve les roues basses, à faible rayon, pour les machines de grande puissance et de petite vitesse ; les roues hautes et à grand rayon pour les machines à grande vitesse. Les roues basses ont plus d'adhérence sur les rails et plus de stabilité que les autres ; quant au nombre des roues, il est variable comme leurs dimensions, il y a des machines à quatre, six et même douze roues. Dans tous les cas, quels que soient leur nombre et leurs dimensions, toutes ces roues diffèrent complétement de celles qui sont en usage pour les voitures ordinaires. Celles-ci, en effet, tournent autour de la fusée d'un essieu fixe ; les roues des locomotives, au

contraire, font corps avec l'essieu, et ce dernier, qui entraîne les roues dans son mouvement, tourne dans des boîtes à graisse portées par le châssis de la machine. On obtient par cette disposition une plus grande solidité dans l'assemblage des roues et de l'essieu, et une stabilité indispensable avec un moteur aussi puissant et un matériel aussi lourd.

En outre, la bande des roues ordinaires est horizontale, tandis que celle des locomotives et des wagons reçoit une certaine inclinaison par rapport à l'essieu. La roue, très-massive, présente donc une forme légèrement tronconique, destinée à diminuer les points de contact avec les rails et par suite le frottement. Cette forme, reproduite sur une précédente figure, est encore utile dans les courbes pour équilibrer la marche des roues, et empêcher celles qui suivent le rail extérieur de *patiner.*

On comprend, en effet, que la roue extérieure, ayant à parcourir un cercle plus grand, doit faire plus de chemin que la roue intérieure. Dans les voitures ordinaires, le problème est résolu d'avance, car la roue extérieure fait plus de tours que l'autre ; mais, avec les locomotives, il ne peut pas en être de même puisque les roues sont solidaires entre elles et avec l'essieu. La forme tronconique adoptée dans les machines aboutit au même résultat par des moyens un peu différents. La force centrifuge qui se développe lorsque le train est lancé sur une courbe rejette les wagons contre le rail extérieur ; la roue de ce côté repose donc sur sa circonférence maximum, tandis que la roue intérieure repose sur le rail par sa circonférence minimum ; c'est exactement comme si les deux roues étaient d'un diamètre inégal. On comprend dès lors que,

tout en exécutant le même nombre de tours, la roue la plus haute fait plus de chemin que l'autre.

Enfin, pour obliger la machine et les wagons à se maintenir sur les rails et à les suivre, quand la voie court en droite ligne comme quand elle décrit une courbe, chaque roue présente intérieurement un bourrelet circulaire, qui s'oppose à tout mouvement latéral en venant s'appuyer contre le rail, et guide les voitures sur les sinuosités de la voie (*fig.* 17).

Les roues des locomotives sont en fer; on les obtient depuis quelques années en découpant et en emboutissant des plaques massives avec de puissantes machines et des matrices en acier. L'essieu en fer forgé pénètre dans l'ouverture centrale et circulaire de la roue à frottement très-dur; l'assemblage se fait au moyen de la presse hydraulique ; on pratique ensuite des mortaises mi-partie sur la roue, mi-partie sur l'essieu et l'on y chasse de force des coins prismatiques en fer.

Les boîtes à graisse en usage sur la plupart des machines actuelles se composent généralement d'un réservoir inférieur dans lequel on met de l'huile, et d'un réservoir supérieur qu'on remplit avec de la graisse préparée *ad hoc*. Celle-ci ne fond que peu à peu, et seulement lorsque l'essieu atteint une certaine température ; les parties métalliques en contact sont ainsi continuellement lubrifiées.

Que les machines soient montées sur trois ou quatre paires de roues, les tiges des pistons n'agissent presque jamais directement que sur une seule d'entre elles, généralement la deuxième ou la troisième paire à partir de l'avant. Les roues motrices peuvent à leur tour être reliées

avec les autres roues au moyen de bielles ; on emploie ce moyen lorsque la machine est destinée à traîner des poids très-considérables. Remarquons en outre que les pistons agissent alternativement et non simultanément, en sorte que l'une des bielles motrices arrive à un point mort lorsque l'autre bielle agit avec sa puissance maximum. Cette précaution est indispensable pour pouvoir, dans tous les cas, mettre la machine en mouvement ; ce qui deviendrait impossible si par hasard les deux bielles se trouvaient en même temps à leur point mort. On obtient ce résultat en disposant les boutons des roues motrices à angle droit l'un par rapport à l'autre ; ainsi, lorsque le bouton de droite se trouve sur le prolongement de la tige de son piston, le bouton de gauche est sur une perpendiculaire à la tige du sien.

L'essieu des roues motrices fait également mouvoir le tiroir, mais nous savons que ce dernier doit toujours précéder le piston afin de commander sa marche. A cet effet le tiroir est muni d'une tige, fixée à un excentrique, monté lui-même sur le bouton P ; de cette manière le mouvement du tiroir est parfaitement réglé par rapport à celui du piston.

*Machines-tenders et autres types.* — Les locomotives développent une force de traction et une vitesse considérables, mais elles exigent pour leur alimentation beaucoup de charbon et beaucoup d'eau. On perdrait un temps précieux s'il fallait s'arrêter chaque fois que le liquide de la chaudière et le charbon du foyer sont épuisés ; de là nécessité pour chaque machine de transporter une certaine quantité de liquide et de combustible. Les provi-

sions sont installées sur la machine même, ou disposées sur une voiture spéciale, qui est attelée derrière la locomotive et reçoit le nom de *tender*. Lorsque la machine porte son eau et son charbon, le châssis sur lequel est posée la chaudière déborde les roues à droite et à gauche; il soutient de chaque côté une longue caisse en tôle de fer, rectangulaire, bien fermée et bien boulonnée, dans laquelle on conserve la provision d'eau. Les deux caisses communiquent entre elles au moyen d'un gros tuyau qui passe sous la machine, de sorte que le liquide est toujours à la même hauteur dans les deux réservoirs. Le charbon est placé sur une plate-forme au milieu et au-dessus des caisses à eau. Cette disposition a pour effet d'augmenter considérablement le poids de la machine et par suite son adhérence sur les rails; elle est donc usitée principalement dans les machines à grande puissance et à petite vitesse. On l'emploie également sur les locomotives petites et fortes qui manœuvrent dans l'intérieur des gares, et qui sont désignées vulgairement sous le nom de *coucous;* les machines qui desservent le chemin de fer de Ceinture autour de Paris et la ligne de Versailles sont également construites sur ce modèle. Des locomotives semblables, mais d'un type beaucoup plus grand et plus fort, sont employées au service des marchandises; elles se distinguent par une puissance de traction considérable. Pour donner une idée des résultats prodigieux auxquels on est arrivé, nous citerons un seul exemple. La Compagnie d'Orléans emploie entre Moulins et Montluçon des machines-tenders construites sur les plans d'un ingénieur de cette ligne. Ces locomotives sont à huit roues couplées; les grandes roues n'ont pas plus de $0^{m},80$ de hauteur;

le foyer est du système à bouilleur dont nous avons parlé; les machines fonctionnent sur des pentes qui ont $1^{mm},6$ par mètre, et remorquent jusqu'à 60 wagons chargés; l'ensemble représente le poids énorme de *six cents tonnes*. Nous devons ajouter que, dans ces conditions de chargement, les machines perdent en vitesse ce qu'elles gagnent en force; les trains express parcourent aisément 60 kilomètres à l'heure, tandis que ceux-ci ne dépassent guère 25 à 30 kilomètres. Le même système de locomotives est également en usage sur la ligne d'Alais à Clermont où se trouvent des rampes excessivement fortes. Enfin on en est arrivé en Angleterre à construire de gigantesques machines, qui ont jusqu'à six paires de roues, et pèsent jusqu'à 65000 kilogrammes; ces énormes engins sont très-difficiles à manier, exigent beaucoup de place pour l'exécution de leurs manœuvres, et en résumé ne paraissent pas valoir ce qu'ils coûtent.

Lorsque la locomotive remorque après elle son tender, celui-ci est lié avec la machine par des barres d'attelage et des chaînes de sûreté; on passe de la locomotive sur le tender au moyen d'une feuille de tôle, mobile autour d'une charnière, et qui, rabattue, forme pont. Le tender lui-même est monté sur quatre roues; tout son pourtour est occupé par une caisse à eau semblable à celle que nous avons décrite, le milieu est réservé au charbon. Le tender contient une boîte pour les vêtements de rechange des mécaniciens, une caisse pour les outils, une autre pour les signaux dont chaque train doit être muni. Les machines à tender sont généralement employées pour les trains mixtes ou de voyageurs; elles se rapprochent du modèle *Crampton*, qui se distingue surtout par une grande vitesse.

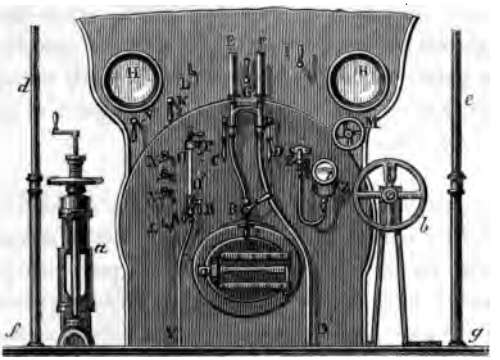
Les machines *Crampton* sont à six roues non couplées ; les roues motrices se font remarquer par leurs dimensions : elles mesurent jusqu'à $2^{m},80$ de hauteur et sont reculées parfois tout à fait à l'arrière du châssis. Ces locomotives peuvent imprimer à un train de voyageurs, comprenant une douzaine de wagons, des vitesses considérables qui atteignent jusqu'à 80 et 90 kilomètres à l'heure.

Il y a enfin des machines qui doivent être considérées comme tenant le milieu, au point de vue de la construction, entre les deux catégories dont nous venons de parler : ce sont les machines *Engerth*. Dans ce système, le tender et la locomotive sont réunis d'une manière permanente, au moyen d'une cheville ouvrière qui permet une légère flexion dans les courbes ; la chaudière avance jusque sur le tender et augmente l'adhérence de ce dernier. Les roues sont au nombre de huit : quatre pour la machine et quatre pour le tender ; les deux premières paires sont accouplées, un système d'engrenage fait participer les deux dernières au travail de la traction. On comprend aisément que le poids total de cette énorme machine augmente beaucoup l'adhérence et par suite la puissance de traction. Les locomotives de ce système sont employées sur le réseau du Nord pour le transport des marchandises.

Nous n'en dirons pas davantage sur les dispositions et le fonctionnement des diverses pièces d'une locomotive ; il nous reste encore à indiquer le mode d'emploi des différents mécanismes qui servent à régler la marche, à vider les tubes, à alimenter la chaudière, etc., ainsi que l'emplacement exact des différents leviers. Il ne suffit pas en effet qu'un officier connaisse le rôle de chaque appa-

reil, il faut en outre qu'il sache d'avance de quelle manière il peut les mettre en œuvre et où se trouvent exactement les organes moteurs de ces appareils.

Fig. 33.



A, porte du foyer;
B, robinet du fumivore;
C, robinet prise de vapeur du fumivore;
D, robinet prise de vapeur du réchauffeur;
D', tube du réchauffeur;
E, F, balances;
G, levier du sifflet;
H, H, lunettes;
I, robinet prise de vapeur de l'appareil à contre-vapeur;
K, robinet prise de vapeur du Giffard;
L, porte-lanterne;
M, volant des vannes d'échappement de la vapeur dans la cheminée par le tuyau B;
N, tringle du souffleur;
OO', niveau d'eau;
P, prise de vapeur du niveau d'eau;
R, prise d'eau du niveau d'eau;
S, purgeur du niveau d'eau;
V, tube d'écoulement du niveau d'eau;
X, X, X, robinets d'épreuve;
Z, manomètre;
Z', prise de vapeur du manomètre;
*a*, injecteur Giffard;
*b*, appareil de changement de marche;
*d*, *e*, parapets latéraux de la locomotive;
*fg*, plate-forme de la locom.

*Appareils divers.* — La figure ci-dessus représente l'arrière d'une locomotive; les dispositions que nous allons indiquer sont adoptées généralement et reproduites sur

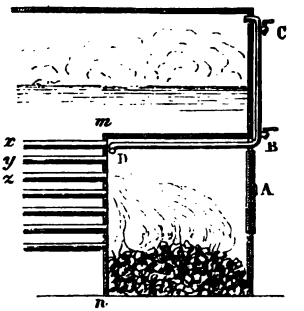
presque tous les types de machines sans modification notable. Nous supposons le mécanicien debout, à sa place de manœuvre ; il se tient généralement à droite, ayant sous la main l'appareil de changement de marche *b* et le levier du régulateur, qui n'est pas visible sur la *fig.* 33, mais qui est représenté en *d* (*fig.* 25). Le chauffeur se tient à gauche, ayant sous la main le frein de la locomotive, l'injecteur *a* pour alimenter la chaudière et la pelle à feu (*fig.* 33).

*Porte du foyer.* — La porte du foyer A est en fer ; elle se ferme au moyen d'un simple loquet, qui se manœuvre par une chaîne en fer assez longue pour ne jamais s'échauffer outre mesure. La porte du foyer est pratiquée dans la grande plaque, presque au ras du plancher; la grille du foyer se trouve en contre-bas, de sorte que le charbon n'atteint jamais le seuil de la porte et ne peut pas rouler extérieurement, quand on ouvre celle-ci (voir *fig.* 25).

*Fumivore.* — Immédiatement au-dessus de la porte se trouve le robinet B du fumivore; cet appareil n'existe pas généralement sur les locomotives de marchandises, et il mérite quelques mots de description. Le fumivore (*fig.* 34) se compose d'un tuyau métallique CBD, deux fois recourbé, qui plonge dans la vapeur d'eau par son extrémité supérieure et s'introduit dans le foyer par son extrémité inférieure D. Celle-ci pénètre jusqu'à la plaque en fer *mn*, qui ferme la chaudière du côté du foyer et où prennent naissance les tubes à feu *x*, *y*, *z*, etc. Arrivé contre cette plaque, le fumivore se partage en deux

branches horizontales, qui courent le long de l'arête supérieure *m* de la boîte à feu et sont percées de plusieurs trous. Un premier robinet C permet à la vapeur de s'introduire dans le fumivore, un second robinet B ouvre la communication avec le foyer. Lorsque ces deux robinets sont ouverts, la vapeur se précipite par le fumivore dans le foyer et chaque trou de la branche horizontale livre passage à un jet vigoureux de vapeur, qui forme ainsi

Fig. 34.




devant l'ouverture des tubes à feu un rideau, une barrière impénétrables à la fumée. Celle-ci ne pouvant plus s'échapper roule sur elle-même, et les corpuscules de carbone tenus en suspension sont précipités sur le charbon incandescent, où ils achèvent de se consumer. On obtient ainsi un double résultat : 1° économie de charbon, puisque la combustion est beaucoup plus parfaite ; 2° absence presque complète de cette fumée noire et épaisse qui incommode tant les voyageurs par son odeur et sa malpropreté. Les règlements des Compagnies prescrivent

aux mécaniciens de faire un usage fréquent du fumivore, mais ceux-ci se dispensent autant que possible de prendre cette précaution ; ils prétendent que le fumivore ralentit le tirage (ce qui est très-vrai) et, par suite, empêche la pression de monter rapidement dans la chaudière; ils disent encore que cet appareil est difficile à nettoyer, que les trous se bouchent facilement, etc. Quoi qu'il en soit, le fumivore peut rendre quelques services en campagne ; son emploi est indiqué dans certains cas, lorsque, par exemple, le train circule à proximité de l'ennemi, derrière un rideau d'arbres ou un pli de terrain.

*Tube réchauffeur.* — Nous savons que le tender porte une certaine provision d'eau pour le service de la machine; il arrive assez souvent, pendant les grands froids de l'hiver, que cette eau se congèle en partie, ce qui rend l'alimentation de la chaudière très-difficile. Pour éviter cet inconvénient, on dispose un tube réchauffeur, qui prend la vapeur au sommet de la chaudière pour la conduire dans les caisses à eau du tender ; ce tube DD′ passe sous la machine et s'articule au moyen d'un ajustage élastique avec un tube semblable adapté au tender; ce dernier tube se bifurque ensuite en deux branches, qui conduisent la vapeur dans chaque caisse du tender. Un robinet D permet d'ouvrir ou de fermer la communication. Cet appareil servait souvent avec les anciennes pompes alimentaires, mais il n'est plus guère employé aujourd'hui.

*Balances.* — Les deux cylindres E, F appartiennent aux soupapes de sûreté, dont nous avons donné la description et l'usage ; on désigne aussi cet appareil sous le nom

de *balances,* parce qu'il sert à doser, pour ainsi dire, la pression de la vapeur.

*Levier du sifflet.* — Entre les deux balances se trouve le levier G du sifflet; le mécanicien presse sur l'extrémité de ce levier pour faire les signaux nécessaires; nous n'insisterons pas sur cet appareil dont on connaît déjà la description et l'emploi.

*Lunettes.* — Les deux ouvertures circulaires H, H sont munies de vitres; on leur donne le nom de *lunettes,* et elles permettent au mécanicien de découvrir et de surveiller la voie en avant du train.

*Porte-lanterne.* — Pour s'éclairer pendant la nuit, les mécaniciens se servent de lanternes à réflecteurs; ils les suspendent à des crochets en fer L, L, qui ont reçu le nom de *porte-lanternes.*

*Volant des vannes d'échappement.* — Nous savons que, pour activer le tirage pendant la marche, on ouvre plus ou moins les vannes qui ferment le tuyau d'échappement de la vapeur dans la cheminée; la roue M est le volant au moyen duquel on règle cette manœuvre.

*Tringle du souffleur.* — Lorsque la machine est au repos, on active le tirage au moyen d'un jet de vapeur dirigé dans la cheminée; N représente la poignée d'une tringle qui agit par un mouvement de sonnette sur le robinet du tuyau souffleur.

*Niveau d'eau.* — Nous savons que l'eau ne doit pas descendre dans la chaudière au-dessous d'un certain niveau; il est donc indispensable que le mécanicien con-

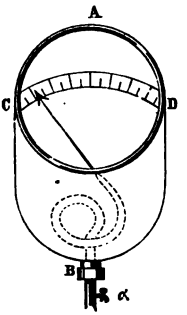
naisse à chaque instant le niveau du liquide, afin de pouvoir renouveler celui-ci en temps opportun. L'appareil indicateur se compose d'un tube vertical OO′, en verre épais, dont l'extrémité supérieure communique avec la vapeur et l'extrémité inférieure avec l'eau de la chaudière ; les deux robinets R et P servent à établir ou à interrompre les communications. Un troisième robinet S, dit robinet *purgeur,* sert à vider le niveau d'eau si cela est nécessaire ; l'eau s'écoule par le tube d'écoulement V qui passe au-dessous de la machine. Il peut arriver que le tube en verre soit cassé par maladresse ou accident ; on ferme dans ce cas les robinets du niveau d'eau et l'on remplace le tube le plus tôt possible.

*Robinets d'épreuve.* — En attendant que cette réparation soit terminée, il faut toujours se ménager les moyens de vérifier le niveau de l'eau dans la chaudière ; on a disposé dans ce but à des hauteurs convenables trois robinets X, X, X, dits *robinets d'épreuve.* En les ouvrant, il est facile de voir si c'est de la vapeur ou de l'eau qui s'échappe, et par suite de tenir le niveau du liquide à une hauteur convenable.

*Manomètre* (*fig.* 35). — Outre les soupapes automotrices de sûreté, toutes les machines sont munies d'un manomètre qui indique à chaque instant la pression de la vapeur. Ce moyen permet de contrôler le jeu des soupapes et de suppléer à ce mécanisme, si par aventure il venait à se déranger. Le manomètre se compose généralement d'un tube métallique creux, à section elliptique, enroulé sur lui-même ; l'une des extrémités, qui est

ouverte, communique avec la vapeur de la chaudière par un robinet $\alpha$; l'autre extrémité, qui est fermée, porte une aiguille F qui indique, en se déplaçant sur un limbe gradué CD, la pression intérieure. Pour préserver cette aiguille contre les chocs accidentels, on enferme l'extré-

Fig. 35.




mité du tube dans un cadre vitré AB. Lorsque la pression de la vapeur augmente, le tube se déroule et l'aiguille marche vers le point D; si la pression diminue, le tube s'enroule naturellement, et l'aiguille marche vers le point C. Les atmosphères et fractions d'atmosphère sont marquées sur le limbe en chiffres connus; il est clair que le robinet $\alpha$ doit toujours rester ouvert, mais on le ferme lorsque le tube vient à se briser pendant que la machine est en pression, afin de pouvoir remplacer le manomètre sans être incommodé par la fuite de vapeur.

*Robinets purgeurs.* — Il y a encore d'autres appareils dont l'emplacement est très-variable et l'importance moins grande : tels sont en général les robinets purgeurs.

Il y en a deux pour chaque cylindre ; on les manœuvre généralement au moyen d'une longue tringle dont la poignée se trouve à l'arrière de la locomotive, sous la main du mécanicien. Ces robinets, qui sont placés aux points N, N (*fig.* 32), servent à évacuer l'eau qui se forme dans les cylindres, pendant les premiers moments de la marche, et par suite de la condensation de la vapeur contre les parois ; ils servent également à évacuer la vapeur qui reste toujours en avant et en arrière des pistons. C'est ainsi que s'expliquent ces jets de vapeur ou ces filets d'eau qu'on voit sortir quelquefois des cylindres. Il y a encore des robinets purgeurs pour un appareil spécial d'alimentation dont nous allons dire quelques mots.

*Injecteur Giffard* (*fig.* 33). — L'injecteur Giffard sert à renouveler l'eau de la chaudière ; il a été modifié par M. Delpech et fonctionne aujourd'hui sur presque toutes les locomotives. Cet appareil est d'invention relativement récente ; il a remplacé les pompes qui pourvoyaient jadis à l'alimentation de la chaudière et qui étaient mues par le piston de la machine. Entre autres inconvénients, ces pompes présentaient celui de ne pouvoir fonctionner que pendant la marche ; dans bien des cas cet inconvénient devenait un véritable embarras et même un danger. Pour en citer un exemple, nous parlerons seulement des machines de secours qui doivent rester constamment en pression et prêtes à partir. Ces machines sont remisées généralement dans les dépôts ; lorsque le niveau du liquide dans la chaudière venait à baisser, il fallait absolument promener la machine sur la voie pour compléter la quantité voulue et éviter une explosion. On

comprend combien cette manœuvre pouvait être gênante au milieu des embarras, du va-et-vient continuel qui existent dans une grande gare.

Avec l'injecteur Giffard, l'alimentation se fait au repos comme en marche, d'une manière à la fois sûre et commode. Nous ne pouvons pas donner une description détaillée de cet ingénieux appareil, mais en voici le principe. L'injecteur *a* (*fig.* 33) se compose d'un cylindre extérieur en fonte, fixé par des écrous, dans une position verticale, sur le bâti de la machine, et enveloppant un cylindre intérieur en cuivre. L'eau du tender est amenée dans l'injecteur par des tubes métalliques, qui passent au-dessous de la locomotive, et qui sont réunis au moyen d'un ajustage flexible comme celui des tubes réchauffeurs. En arrivant dans le cylindre, l'eau froide rencontre un jet de vapeur venant de la chaudière par un autre tuyau ; la vapeur entraîne à sa suite l'eau froide et la précipite dans la chaudière, en repoussant un clapet qui s'ouvre de dehors en dedans et qui ferme le tube d'alimentation. La manœuvre de cet appareil est excessivement simple; le mécanicien ouvre d'abord le robinet à eau fixé sur le tender, puis le robinet prise de vapeur représenté en K ; il fait ensuite tourner une manivelle qui règle l'ouverture d'entrée de l'eau et de la vapeur dans le Giffard, et l'on entend aussitôt le bruit du liquide qui se précipite dans la chaudière. On peut régler à volonté la grosseur du jet suivant la pression de la vapeur, au moyen d'un volant horizontal et circulaire. Dans les locomotives qui n'ont pas de tender et portent elles-mêmes leur provision d'eau, il y a souvent deux appareils Giffard, placés l'un à droite, l'autre à gauche de la chaudière. Ces appareils sont cou-

chés horizontalement de manière à tenir moins de place et chacun d'eux communique avec une caisse à eau.

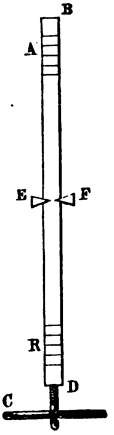
Sur quelques locomotives on trouve encore les anciennes pompes; mais presque toujours elles sont accompagnées de l'injecteur Giffard.

*Régulateur.* — Comme son nom l'indique, le régulateur sert à mesurer la quantité de vapeur nécessaire pour mettre la locomotive en mouvement, et à régler la marche du train. Cet appareil se compose tout simplement d'une vanne ou soupape mobile, qui ferme l'entrée du tube DD'D, par lequel la vapeur de la chaudière pénètre dans la boîte à vapeur. La vanne est mise en mouvement au moyen d'une tringle manœuvrée par le levier D (*fig.* 25). Sur quelques locomotives, ce levier est placé verticalement au-dessus de la porte du foyer; sur les autres, ce levier est placé horizontalement, à portée de la main, mais devant l'abri du mécanicien. C'est la disposition de la *fig.* 33, sur laquelle ce levier n'est pas visible.

*Appareil de changement de marche.* — Cet appareil est représenté en *b* (*fig.* 33), à droite de la chaudière; la partie visible se compose d'une roue en fer C (*fig.* 36) qui peut tourner dans un plan vertical perpendiculaire à son axe. Suivant le sens dans lequel on manœuvre cette roue, on fait avancer ou reculer horizontalement une règle en fer BD, qui glisse entre deux repères fixes E, F. Les deux extrémités de la règle sont graduées : l'une porte la lettre A qui signifie *avant,* l'autre la lettre R qui signifie *recul.* Lorsque le mécanicien veut faire avancer la machine, il manœuvre sa roue de manière que la lettre A

vienne se placer sous les repères; les tiroirs sont alors disposés de telle façon que la vapeur, en pénétrant dans les cylindres, lorsqu'on ouvre le régulateur, détermine la marche en avant; le mécanicien n'a donc qu'à manœuvrer le levier de ce régulateur pour que la machine s'ébranle dans le sens voulu. Pour reculer, il suffit de manœuvrer la roue en sens inverse et d'amener la lettre **R** sous les repères.

Fig. 36.




Cet appareil a remplacé l'ancien levier de changement de marche, qui existe néanmoins encore aujourd'hui sur quelques machines, principalement sur les locomotives de la Compagnie de l'Ouest; dans ce cas, le levier de changement se trouve à droite de la chaudière, au lieu et place de l'appareil perfectionné dont nous venons de parler. Chaque système présente ses inconvénients et ses avantages; le levier agit plus promptement et les mécaniciens le préfèrent pour les manœuvres de gare, qui s'exécutent généralement dans un espace très-restreint; mais sa manipulation est assez pénible et présente même quelques dangers. La roue se manœuvre sans peine et sans péril, mais elle donne peut-être un résultat moins prompt.

*Sablier, chasse-pierre.* — Nous ne ferons qu'indiquer en passant la disposition de ces appareils, dont le nom suffit à caractériser l'emploi. Le sablier est placé généralement au-dessus de la chaudière; deux tubes en cuivre conduisent le sable jusque sur les rails, en avant des

roues motrices; une tringle de fer manœuvre le robinet qui laisse couler le sable. On trouve l'emploi de ce petit appareil lorsque le verglas, le brouillard ou la glace rendent les rails glissants et font que les roues de la machine tournent sur place au lieu d'avancer.

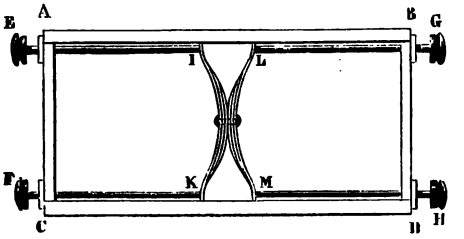
Quant au chasse-pierre, il se compose tout simplement de deux barres verticales en fer, qui sont placées à l'avant de la locomotive et descendent jusqu'à quelques centimètres au-dessus des rails. Ces barres poussent ou écartent les obstacles qui pourraient provoquer un déraillement.

*Wagons.* — Les wagons employés sur les lignes de chemin de fer peuvent être classés en trois grandes catégories : les wagons à marchandises découverts, les wagons à marchandises couverts et les wagons de voyageurs. La plate-forme, le bâti et le système des roues ne subissent aucune modification importante dans ces différents types; l'ensemble du châssis et des essieux, ainsi que le mode d'assemblage de ces pièces qui constituent le *train de voiture,* reste également le même pour tous les wagons.

Le châssis se compose de deux madriers nommés *longerons,* réunis par des traverses et consolidés par des entretoises ou des croix de Saint-André; le tout est généralement construit en bois de chêne ou de hêtre, et solidement assemblé avec des chevilles en fer ou des boulons. Les roues sont généralement au nombre de quatre, faisant corps avec les essieux et montées comme celles des locomotives ; ainsi les essieux tournent dans une boîte à graisse portée par le bâti de la voiture. Pour amortir les cahots sur les rails, on emploie des ressorts en acier

d'une force convenable, disposés comme ceux des véhicules ordinaires. Pour amortir les chocs des wagons les uns contre les autres, on emploie des tampons de choc disposés au nombre de quatre (deux à l'avant et deux à l'arrière de la voiture), ainsi qu'on le voit sur la *fig.* 37; AB, CD représentent les longerons qui soutiennent le

Fig. 37.




châssis et la plate-forme; AC, BD sont les deux traverses extrêmes. Les tampons E, F, G, H en bois très-dur, recouverts de rondelles en caoutchouc, se trouvent montés sur des tiges en fer EI, FK, LG, MH, qui traversent les pièces d'assemblage AC, BD. Les extrémités de ces tiges sont réunies deux à deux au moyen de ressorts courbes en acier IK, LM, qui s'appuient l'un sur l'autre par leur convexité. Cette disposition amortit considérablement les chocs.

*Freins.* — Quelques wagons sont en outre munis d'un appareil spécial, destiné à ralentir leur course et qui reçoit le nom de *frein.* On a imaginé un grand nombre de dispositions plus ou moins ingénieuses, mais le résultat consiste toujours à développer un frottement énergique contre la bande des roues au moyen d'un sabot en bois.

La plupart des freins sont manœuvrés individuellement par des employés montés sur les wagons, au signal donné par le sifflet du mécanicien.

Le tender est muni d'un appareil semblable, et l'on construit maintenant des freins qui agissent directement sous l'action du mécanicien, lorsque ce dernier manœuvre le frein de son tender.

Les wagons découverts servent au transport des marchandises qui ne redoutent pas les intempéries de l'air, comme les pièces d'artillerie, les outils, les matériaux de construction, etc. Les wagons à marchandises couverts sont utilisés pour le transport des bestiaux, des vivres, des munitions, et au besoin des hommes. Ils se composent d'un train de voiture, semblable à celui dont nous venons de donner la description, sur lequel est montée une caisse rectangulaire en bois. De larges portes latérales glissent sur des coulisses et donnent accès dans le wagon ; on pratique, en outre, des fenêtres, qui peuvent également être fermées par des volets mobiles. Quant aux wagons de voyageurs, ils sont trop connus pour que nous jugions nécessaire d'en donner la description.

Il nous manque en France un type de wagons, qu'on pourrait dénommer *wagons d'ambulance,* et qui est appelé à rendre de grands services en campagne. Quelques puissances étrangères possèdent un certain nombre de ces wagons, et l'Allemagne, entre autres, les a utilisés pendant la dernière guerre.

# CHAPITRE III.

## CONSTRUCTION DES VOIES FERRÉES.

### IDÉES GÉNÉRALES.

Nous pouvons étudier maintenant la construction des voies ferrées et nous distinguerons deux cas principaux :

1° *Tracer et établir une voie ferrée nouvelle ;*

2° *Réparer et mettre en état une voie ferrée détruite.*

Le premier problème exige des connaissances théoriques et pratiques très-étendues ; sa solution est d'autant plus difficile qu'on doit tenir compte, dans la détermination du tracé, de certaines conditions très-difficiles à concilier et souvent même contradictoires. On peut ranger les éléments qui déterminent le choix du tracé en trois grandes catégories :

1° Considérations économiques, *au point de vue de la dépense ;*

2° Considérations commerciales, *au point de vue du transit ;*

3° Considérations militaires, *au point de vue de la guerre.*

Les premières font rechercher le parcours le moins long ou le moins accidenté ; les secondes font choisir le tracé qui dessert les centres populeux et industriels ; les troisièmes font préférer l'itinéraire qui s'appuie le mieux

aux places fortes, facilite les transports ou les ravitaillements en temps de guerre, et se trouve couvert soit par des barrières naturelles, cours d'eau et montagnes, soit par des barrières artificielles, canaux, points retranchés, etc.

Il est facile de voir que ces diverses conditions doivent être parfois impossibles à satisfaire simultanément, et qu'une étude approfondie sortirait du cadre de cet Ouvrage. Nous laisserons donc de côté les considérations générales pour envisager uniquement le côté pratique de la question.

Supposons les points principaux d'une grande ligne déterminés d'avance et imposés par des considérations d'ordre militaire ou commercial; voici, en peu de mots, comment on s'y prend pour souder ces points entre eux, et choisir le tracé qui nécessitera le moins de dépenses. On emploie généralement, pour les premières études, une carte géographique à grande échelle, notre carte d'état-major au $\frac{1}{40000}$ par exemple; on détermine approximativement sur cette carte le parcours de la ligne, en évitant autant que possible l'emploi des travaux d'art, tels que ponts, viaducs, tunnels, etc., en équilibrant à vue d'œil les déblais et les remblais, en évitant l'emploi des courbes trop brusques, et l'on obtient ainsi un *avant-projet*.

Cela fait, on marque sur le terrain, avec des repères, les points principaux de la ligne : ce sont généralement les points les plus hauts et les plus bas; puis on exécute en chacun de ces points des levés à grande échelle. Il devient alors possible, au moyen de ces documents, de rectifier les erreurs principales de l'avant-projet; on équilibre mieux les mouvements de terre, on adoucit les

pentes trop roides, on élargit ou on rétrécit certaines courbes. Le nouveau tracé ayant été repéré comme l'ancien, mais à des distances plus rapprochées, on exécute, sur les points principaux et dans les environs, des profils qui permettent d'évaluer exactement le cube des terres à enlever ou à rapporter. On arrête dans ce dernier travail l'emplacement et la nature des travaux d'art, le rayon des courbes et la pente des rampes : c'est le tracé définitif. On établit de distance en distance des points de repère, et l'on dresse le devis approximatif des dépenses; l'ensemble de ces travaux constitue le *projet* de la voie.

Cela fait, la ligne est mise en adjudication, généralement par tronçons plus ou moins considérables, et les entrepreneurs s'en emparent. Le cahier des charges fixe les dimensions et la nature de la voie, le prix d'exécution et les délais pour la remise à la Compagnie.

Les entrepreneurs, à leur tour, embauchent des ouvriers, font venir sur les lieux les machines et les outils nécessaires et répartissent leurs ateliers le long de la voie sur le tronçon qui leur a été adjugé. Quelques-uns de ces entrepreneurs sont de puissants industriels, qui mettent au service du terrassier toutes les ressources de la mécanique moderne et de l'art de l'ingénieur. Ils opèrent les transports d'ouvriers, de matériel et d'outils, avec de petites locomotives; ils emploient la vapeur et l'air comprimé pour perforer les montagnes, épuiser et dessécher les marais; ils utilisent la poudre et la dynamite pour fendre et disperser les rochers.

On attaque d'abord sur tout le parcours les points les plus élevés du terrain; on pratique dans l'axe de la future voie une tranchée qui mesure de $1^{m},50$ à 2 mètres de largeur sur une profondeur variable, et l'on enlève les terres, au fur et à mesure, au moyen de tombereaux et de brouettes. Ces terres servent à combler un peu plus loin les dépressions de terrain que doit traverser la voie. Lorsque, par suite de la distance ou de la nature du terrain, les transports sont trop difficiles, on rejette provisoirement la terre à droite et à gauche sur le bord du fossé.

Quand la tranchée atteint une certaine profondeur et un développement suffisant, on pose, dans le fond, des rails semblables à ceux des voies ferrées; on amène des wagons de terrassement et les transports de terre commencent sur une plus grande échelle.

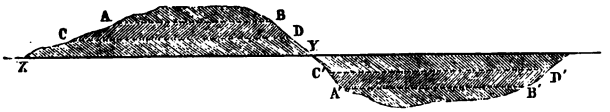
Au début, les wagons sont poussés par des hommes ou traînés par des chevaux; on charge d'abord les terres qui peuvent se trouver sur le bord du fossé; puis on attaque les murailles à droite et à gauche jusqu'à la largeur complète de la voie, en ayant soin de ménager des talus d'une inclinaison variable suivant la nature du terrain. On peut faire des talus très-roides dans un sol pierreux ou rocheux; en revanche, on est parfois obligé de les soutenir avec des revêtements en maçonnerie dans les terres meubles et sablonneuses.

Dès que le fond de la tranchée atteint une largeur convenable, on installe plus complétement la voie ferrée,

quelquefois même on amène des locomotives qui remorquent de véritables trains; les travaux avancent alors plus rapidement et l'on peut y employer un nombre plus considérable d'ouvriers.

Le premier étage du déblai étant terminé, on enlève la voie et l'on creuse de la même manière un deuxième, puis, si c'est nécessaire, un troisième étage; chaque fois, la longueur de la tranchée augmente. Soit XY (*fig.* 38) le niveau général qu'on veut donner à la voie; on commence

Fig. 38.




d'abord par déblayer jusqu'à la ligne AB, ce qui permet de remblayer dans la dépression jusqu'à la ligne A′ B′; on déblaye la deuxième fois jusqu'à la ligne CD, ce qui fait monter le remblai jusqu'à C′ D′; enfin, dans la troisième opération, on déblaye jusqu'au niveau XY, ce qui met la voie sur un plan horizontal, en faisant monter le remblai jusqu'à la même ligne.

Il est clair que les choses ne se passent pas toujours aussi simplement que nous venons de l'exposer ici; mais ces données suffisent à faire comprendre la marche générale des travaux.

Pendant que s'exécutent les terrassements préliminaires, on étudie la construction des travaux d'art et l'on amène à pied-d'œuvre les matériaux nécessaires; il faut conduire tout cela simultanément, autant que possible, afin que la

ligne soit terminée en même temps sur tout son parcours.

Certains terrains exigent des précautions particulières : ce sont les terrains sablonneux ou marécageux; il arrive parfois que la voie doit être assise très-profondément sur des fondations compactes, ou portée sur des pilotis. On cite certains tronçons de chemin de fer, en Amérique, dont la voie nage littéralement au milieu des eaux stagnantes. Le prix de revient et le temps nécessaire pour l'établissement des voies ferrées varient également dans des proportions telles, qu'il est impossible de fixer une moyenne. D'ailleurs ces dernières considérations sont essentiellement du domaine industriel ou commercial, et nous n'avons pas à nous en occuper au point de vue militaire.

Lorsque la plate-forme de la voie est complétement terminée par les travaux dont nous venons de parler, on enlève les rails provisoires et l'on procède à l'installation définitive de la ligne. Ici encore l'opération s'exécute sur plusieurs points à la fois; on commence d'abord par les endroits qui ont à proximité le ballast nécessaire; on se sert ensuite des tronçons terminés pour transporter les matériaux de toute espèce sur les points éloignés. Cette méthode contribue naturellement à diminuer les frais de transport et accélère en même temps le travail.

On sait que le mot de *ballast* désigne ce gros sable ou ce fin gravier qui recouvre partout les lignes ferrées; il sert à défendre les traverses contre les intempéries de l'air. On le choisit assez fin pour qu'il se tasse aisément, et assez gros pour que le vent ne puisse pas l'enlever; il doit, en outre, être facilement perméable, afin que les eaux plu-

viales ne séjournent pas sur la voie. Nous savons d'ailleurs que la plate-forme est disposée en dos d'âne, ce qui facilite l'écoulement des eaux; au besoin on établit des conduits de drainage.

### POSE D'UNE VOIE HORIZONTALE ET RECTILIGNE.

Nous allons maintenant détailler chacune des opérations dont se compose l'établissement d'une voie ferrée; nous supposerons d'abord, pour plus de simplicité, que la voie court en droite ligne et en terrain horizontal.

Le matériel qui doit servir à construire la voie est réparti *par lots* sur une certaine longueur, puis on procède aux opérations successives dans l'ordre suivant :

1° *Répandre sur la plate-forme une première couche de ballast.* — Cette opération s'exécute au moyen de chariots et de brouettes. Le ballast est transporté sur la voie et dispersé à la pelle; on dispose ainsi une couche uniforme de 6 centimètres d'épaisseur environ; elle constitue le lit sur lequel seront couchées les traverses.

2° *Poser les traverses.* — Deux hommes prennent ensuite chaque traverse et la posent en travers perpendiculairement à l'axe de la voie. Un homme exercé, dit *chef de pose ou brigadier,* dirige cette opération; il est muni pour cela d'une *règle à traveler.* C'est tout simplement une règle en bois, longue de 6 à 7 mètres et peinte en noir, sur laquelle sont marquées par un trait blanc les équidistances des traverses.

On donne généralement à l'avance le nombre des traverses qu'on veut employer pour chaque cours de rails et la distance entre ces traverses. Nous savons que ces élé-

ments peuvent varier dans certaines limites et il appartient à l'officier directeur de les déterminer suivant les cas et de donner des instructions aux chefs de chantier.

Le chef de pose fait placer d'abord les deux traverses extrêmes, puis les traverses intermédiaires ; il veille à ce que chaque traverse corresponde au trait qui détermine son emplacement et se trouve dans une direction perpendiculaire à l'axe de la voie. Cette dernière condition est facile à remplir lorsque le point de départ, c'est-à-dire le premier jeu de rails, a été soigneusement disposé. Si les rails qui doivent composer la voie sont à double champignon, chaque traverse est munie de son coussinet ; si les rails sont du système Vignole, les traverses sont munies de leurs platines. En même temps, le chef de pose s'assure que les deux traverses extrêmes sont situées dans un même plan horizontal avec la portion de voie déjà posée, s'il y en a une. Pour cela, il appuie la règle à traveler de distance en distance sur les traverses, et il vérifie l'horizontalité avec un petit niveau à bulle d'air posé sur la règle. Si l'une des traverses est trop basse, il l'exhausse légèrement en tassant un peu le ballast ; si elle est trop haute, il enlève un peu de ballast avec une pioche. Quant aux traverses intermédiaires, il n'est pas nécessaire qu'elles soient du premier coup dans le plan horizontal de la voie : l'essentiel c'est qu'elles ne se trouvent pas au-dessus ; la plupart du temps on les laisse même au-dessous et cela est préférable ; nous verrons plus loin comment on rectifie leur niveau.

3° *Placer les rails.* — Chaque rail, porté par six hommes, est placé sur les traverses ; s'il s'agit de rails Vignole, il suffit de poser le patin à plat sur les platines des traverses

extrêmes; s'il s'agit de rails à double champignon, il faut engager le rail dans les coussinets. Pour cela, on place d'abord le champignon inférieur *de champ* entre les mâchoires du coussinet; puis on fait basculer le rail de manière à le redresser par un quart de conversion. C'est ce que les ouvriers appellent *donner un quartier.* Lorsque le rail est posé, le chef d'atelier vérifie de nouveau avec la règle l'emplacement des traverses, et il marque cet emplacement sur le rail par un trait à la craie; il vérifie également l'horizontalité en posant son niveau sur le rail, comme nous l'avons déjà vu. On place de cette manière et simultanément les deux rails jumeaux de la même voie; mais les extrémités jointives des rails placés sur le prolongement l'un de l'autre doivent toujours laisser entre elles un intervalle suffisant pour la dilatation. Dans ce but le chef de pose introduit d'avance entre les deux rails une des petites cales en fer dont nous avons déjà parlé, et la laisse en place jusqu'à ce que le rail soit complétement fixé sur la traverse.

4° *Placer les éclisses.* — Deux hommes sont employés à ce travail de chaque côté de la voie; ils posent les éclisses et les serrent au moyen des boulons et des écrous dont ils sont munis. La tête des boulons est placée à l'*intérieur* de la voie, l'écrou s'ajuste à l'*extérieur;* les ouvriers se contentent d'abord de poser deux boulons pour solidariser les rails, les autres sont placés plus tard.

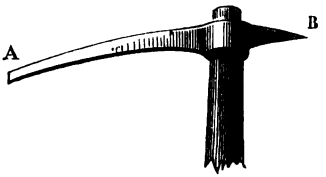
5° *Enfoncer les crampons.* — Cette opération est faite par huit hommes, quatre pour chaque rail, et l'on commence par les traverses extrêmes. Sur les quatre ouvriers, deux sont munis de fortes pinces en fer, dites *pieds-de-biche,* et d'un petit bloc de bois destiné à servir de point

d'appui à leur levier; les deux autres portent les crampons et sont armés d'un marteau. Les deux premiers ouvriers se placent face à face de chaque côté de la traverse, l'un à l'intérieur, l'autre à l'extérieur de la voie, et ils introduisent le bout de leur pince sous la traverse; ils disposent ensuite le bloc de bois sous leur levier, de manière à y trouver un point d'appui solide, et ils soutiennent les traverses en appuyant sur l'extrémité de la pince. Pendant ce temps, les deux autres ouvriers placés à côté des premiers, et se faisant face comme eux, l'un en dedans, l'autre en dehors du rail, introduisent les crampons dans les trous et les chassent de force avec le marteau. L'ouvrier qui est en dehors de la voie enfonce les crampons intérieurs; l'autre, qui est en dedans de la voie, enfonce les crampons extérieurs; les coups de marteau alternent comme ceux des forgerons. Lorsque cette opération est terminée pour les traverses extrêmes, le chef de pose vérifie de nouveau et rectifie au besoin l'horizontalité. On passe ensuite aux traverses intermédiaires; l'opération se fait comme nous venons de l'expliquer, mais, ces traverses étant généralement plus basses que le niveau définitif de la voie, il faut les soulever avec le levier pour pouvoir enfoncer les crampons; il en résulte que, l'opération étant terminée, les traverses restent quelquefois suspendues au-dessous des rails sans toucher terre.

Lorsque tous les crampons sont enfoncés, on enlève les cales et l'on achève de boulonner les éclisses. On place les chevillettes de la même manière que les crampons; quant aux tire-fonds, on les visse au moyen d'une clef anglaise, mais il faut bien se garder de les enfoncer avec un marteau.

6° *Bourrer les traverses.* — C'est la partie la plus difficile du travail; cette opération exige, pour être bien faite, des ouvriers habiles et elle exerce une grande influence sur la viabilité plus ou moins durable, plus ou moins parfaite, de la ligne. Le bourrage consiste à chasser et à tasser le ballast sous les traverses, de manière à les soutenir et à les consolider dans leur position. Les ouvriers bourreurs sont munis d'une espèce de pioche solidement emmanchée, qui se termine d'un côté par une pointe B, de l'autre par un long bec A (*fig.* 39); c'est avec ce dernier qu'on bourre le ballast sous les traverses. Cet instrument fournit un bourrage très-régulier et très-

Fig. 39.



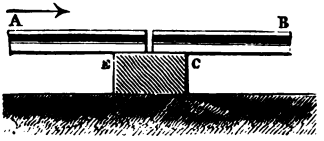

énergique, mais il faut beaucoup d'habitude pour le manier adroitement. Lorsqu'on n'a sous la main que des ouvriers peu expérimentés, il vaut mieux se servir d'une pelle ordinaire en bois, dont on émousse le tranchant.

Dans l'opération du bourrage il y a deux précautions à prendre : 1° bourrer beaucoup plus fortement les extrémités que le milieu de la traverse; la raison, facile à saisir, c'est que les roues appuient justement sur ces extrémités et pourraient faire basculer les traverses; 2° sur une ligne à deux voies, bourrer toujours plus fortement le côté de la traverse qui regarde le point d'arrivée des trains.

On sait, en effet, que sur les lignes à double voie les trains circulent toujours dans le même sens sur chaque cours de rail; il en résulte naturellement un choc plus ou moins fort contre l'extrémité du rail sur lequel la locomotive s'engage et, par suite, un enfoncement de la traverse.

Soit A le point de départ, B le point d'arrivée; les ouvriers bourrent toujours la traverse plus fortement sous

Fig. 40.




la face CD que sous la face EF, pour compenser ce qu'ils appellent *la retombée* du train (*fig.* 40).

Dans les lignes qui emploient les rails à double champignon, on place les coins immédiatement après le bourrage. Cette opération s'exécute au moyen d'un outil spécial, qui ressemble fort à un marteau, et qui se nomme une *chasse;* les coins sont enfoncés à l'*intérieur* de la voie.

7° *Redresser et niveler la voie.* — Cette opération a pour but de redresser les jarrets qui se forment quelquefois au point de jonction des rails, de relever quelques traverses de manière à obtenir une surface de roulement parfaitement plane, etc. Elle est confiée généralement à un ouvrier très-habile ou au chef de pose; celui-ci se couche et, dirigeant un rayon visuel le long et au-dessus des rails, il reconnaît facilement les imperfections légères qui peuvent exister et il les indique par un signe aux

ouvriers bourreurs. Quelques coups de pioche ou de marteau suffisent pour rectifier rapidement les écarts, d'ailleurs peu considérables, qui subsistent encore. Le chef de pose termine l'opération en vérifiant au moyen d'un gabarit l'écartement des rails; toutes les voies ferrées en France ont une largeur uniforme de $1^m,45$ qui augmente jusqu'à $1^m,46$ dans les courbes. En Allemagne et en Italie l'écartement des rails est le même qu'en France ; en Russie les voies sont un peu plus larges, de sorte que nos wagons ne pourraient pas y être utilisés. Sur les lignes à double voie, il faut encore vérifier au moyen d'un autre gabarit la largeur de l'entre-voie; celle-ci est un peu variable, mais se tient généralement entre $1^m,80$ et $2^m,20$ environ.

8° *Répandre le ballast.* — C'est la dernière opération : elle consiste à recouvrir les traverses d'une couche de ballast; on donne à cette couche une épaisseur variable, l'essentiel c'est que les traverses soient mises complétement à l'abri du contact de l'air et des rayons du soleil. L'épaisseur totale du lit de ballast dans lequel sont noyées les traverses varie généralement entre 20 et 30 centimètres.

### POSE D'UNE VOIE EN PENTE.

Nous allons maintenant examiner quelles sont les précautions à prendre lorsque la voie n'est pas horizontale. Les opérations se succèdent dans le même ordre ; on étend d'abord la première couche de ballast d'une manière uniforme sur la plate-forme de la voie, qui présente elle-même la pente voulue. On apporte ensuite les traverses, dont on règle l'équidistance au moyen de la règle à tra-

veler et la perpendicularité avec une équerre. Quant à la pente, on l'obtient au moyen d'une règle à niveau, d'un niveau d'eau ordinaire et de mires d'arpenteur. On commence par déterminer soigneusement quelques points de repère convenablement espacés ; après quoi on aligne sur ces points, au moyen de la règle, les parties intermédiaires de la voie. Le reste des opérations se fait comme nous l'avons déjà expliqué.

Les pentes des voies ferrées sont variables suivant la nature de l'exploitation ; elles sont moins fortes sur les grandes lignes, qui servent aux trains rapides, que sur les embranchements et les lignes secondaires. Les rampes *maximum* admises pour les lignes principales françaises sont généralement de $0^m,027$ par mètre ; sur les réseaux secondaires on en trouve qui atteignent $0^m,03$ par mètre ; ces limites sont rarement atteintes et seulement dans les cas d'absolue nécessité. Les pentes de $0^m,02$ sont déjà très-fortes, celles de $0^m,01$ sont le plus employées. Il faut espérer cependant que les progrès de la Mécanique permettront bientôt de surmonter les obstacles de ce genre et d'employer des rampes beaucoup plus roides ; quelques essais ont été faits dans ce but, avec des machines à roues horizontales et des voies à rail central, mais l'expérience n'a pas encore prononcé.

### POSE D'UNE VOIE COURBE.

La construction des portions de voie qui décrivent une ligne courbe présente un peu plus de difficulté ; nous étudierons d'abord cette question sur une ligne à simple voie.

Tout le monde a pu observer que les chevaux qui galopent dans un cirque et les écuyers qui sont debout sur ces chevaux ne conservent pas pendant la course une position verticale; cheval et cavalier se penchent vers l'intérieur du cirque, et se penchent d'autant plus que l'allure est plus rapide et le rayon de la piste plus petit.

Ils prennent cette position instinctivement, afin de neutraliser la force centrifuge qui tend à les rejeter hors de la circonférence sur laquelle ils se meuvent. Le même fait se produit évidemment lorsqu'un train est lancé sur une ligne courbe, et la force centrifuge devient alors d'autant plus puissante que la masse et la vitesse du train sont plus considérables. De là résulte la nécessité d'incliner les wagons vers l'intérieur de la courbe et par suite de *surélever* le rail extérieur par rapport au rail intérieur; la différence de niveau doit augmenter en raison directe de la vitesse qu'on veut pouvoir imprimer au train, et en raison inverse du rayon choisi pour la courbe; cette différence de niveau constitue ce qu'on appelle le *devers* de la voie.

Ces trois éléments, vitesse, rayon et devers, sont liés par une relation constante dont il importe de tenir compte quand on détermine le tracé de la ligne. Voici une formule très-simple, qui donne, avec une approximation suffisante, la valeur d'une quelconque de ces trois quantités en fonction des deux autres : $D = \frac{V}{R}$. Dans cette formule, D représente le devers, V la vitesse du train, c'est-à-dire le nombre de kilomètres parcourus dans une heure, et R le rayon de la courbe évalué en mètres. Sur les chemins de fer français, le rayon minimum admis pour les courbes

en pleine ligne est de 300 mètres; on descend rarement jusqu'à cette limite, et il y a beaucoup de courbes qui mesurent 1000 et même 1200 mètres de rayon. On prescrit en outre que, sur les grandes lignes, les trains doivent pouvoir circuler partout avec une vitesse de 40 kilomètres à l'heure. Si nous admettons cette vitesse sur un rayon de 500 mètres, nous aurons, pour le devers, $D = \frac{40}{500}$ c'est-à-dire $0^{m},08$ : le rail extérieur devra donc être tenu à 8 centimètres plus haut que le rail intérieur. Si nous prenons avec la même vitesse le rayon minimum de 300 mètres, nous arriverons à 13 centimètres de devers; on voit que la différence de niveau est alors très-considérable : c'est d'ailleurs la limite *extrême* adoptée.

Aux abords des gares et sur les voies de garage proprement dites, les trains se meuvent avec une vitesse beaucoup plus faible qu'en pleine ligne : on peut alors abaisser le rayon des courbes jusqu'à 200 mètres; enfin pour les tronçons de voie sur lesquels les machines ne circulent pas, on descend jusqu'à 150 mètres de rayon. Dans ce dernier cas, les wagons sont poussés à bras ou remorqués par des chevaux.

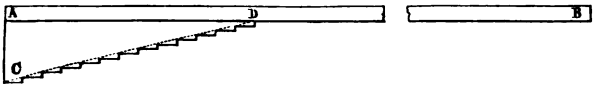
Nous avons parlé, à propos des pentes, de quelques tentatives qui ont été faites dernièrement au moyen d'un nouveau système de chemin de fer; on a essayé avec ces machines des wagons articulés, qui permettraient de réduire considérablement le rayon des courbes. On comprend quelle simplification dans les tracés, quelle économie dans la construction des voies on pourrait réaliser, avec un système permettant à la fois de réduire le rayon des courbes et de roidir les pentes ; il est à désirer que ces tentatives réussissent.

Lorsqu'il s'agit de poser les rails sur une portion de voie courbe, on commence d'abord par répandre une couche de ballast à laquelle on donne approximativement le devers voulu. Cela fait, on place les traverses en observant qu'elles doivent se trouver dans la direction des rayons de la courbe; il en résulte qu'elles ne sont plus parallèles entre elles, parce que leurs extrémités extérieures sont plus éloignées que leurs extrémités intérieures ; l'équidistance se mesure sur les premières au moyen de la règle à traveler. On apporte ensuite les rails et on les fixe avec les éclisses, puis avec les crampons, comme nous l'avons déjà expliqué. Sur les courbes à grand rayon, on emploie sans inconvénient les rails ordinaires, qui mesurent 6 mètres de longueur; la courbe se trouve alors formée de portions rectilignes assez faibles pour se confondre sensiblement avec l'arc; mais, si le rayon de la courbe est plus petit, il faut employer des rails plus courts ; nous avons déjà dit qu'on avait pour cet usage des échantillons de rails qui varient entre 5 et 6 mètres de longueur. On a soin, dans tous les cas, que les extrémités semblables des deux rails jumeaux reposent sur la même traverse, ce qui exige naturellement que le rail intérieur soit un peu plus court que le rail extérieur; les échantillons de longueur variée permettent de satisfaire à cette condition.

Les rails étant posés sur les traverses comme nous venons de l'indiquer, il ne reste plus qu'à rectifier le devers. Cette opération est faite par le chef de pose au moyen d'une règle à niveau. On désigne sous ce nom une règle longue d'environ 3 mètres, et qui est munie à l'une de ses extrémités A d'un appendice ACD en forme de triangle rectangle (*fig.* 41).

L'hypoténuse CD de ce triangle est découpée de manière à présenter treize petits gradins horizontaux qui mesurent chacun $0^{m},01$ de hauteur; il résulte de là que le

Fig. 41.




petit côté AC du triangle est long de 13 centimètres; on se souvient que ce chiffre correspond justement à la limite maximum adoptée pour le devers.

Ceci posé, pour estimer la différence de niveau entre les rails, le brigadier de chantier appuie la partie DB de la règle sur le rail le plus élevé, et l'un quelconque des gradins sur le rail le plus bas. Il fait ensuite glisser la règle, en remontant ou en descendant d'un gradin sur un autre, jusqu'à ce que la ligne AB soit horizontale, ce dont il est facile de s'assurer au moyen d'un niveau à bulle d'air posé sur la règle. On comprend aisément que, pour connaître la différence de niveau entre les deux rails, il suffit de voir alors quel est le gradin qui repose sur le rail le plus bas. Suivant que le devers indiqué par cette opération est plus fort ou plus faible que le devers voulu, on diminue ou l'on augmente la différence de niveau entre les deux rails en bourrant ou en débourrant l'une des extrémités de la traverse.

Le reste de l'opération s'exécute comme dans les voies en ligne droite.

POSE D'UNE VOIE DOUBLE.

Dans les voies doubles il y a une condition très-importante à remplir : il faut que les deux rails extérieurs A, A′ soient dans le même plan horizontal, de même que les deux rails intérieurs B, B′. On obtient cette condition, dans l'établissement d'une voie nouvelle, en se servant de la règle à niveau comme nous venons de l'indiquer; lorsqu'on doit rétablir ou réparer une des deux voies, on se règle de même sur la voie intacte pour le niveau et le devers de la voie à réparer. Le profil de la voie est alors semblable à celui que nous représentons dans la *fig.* 42 :

Fig. 42.

XY figure la plate-forme; la partie ombrée, la première couche de ballast. Toutes ces opérations sont très-simples, s'exécutent très-rapidement et ne présentent aucune difficulté, quand on a bien compris les explications que nous venons de donner.

La construction des ouvrages d'art ne peut pas être traitée dans ce Manuel; elle sortirait complétement de notre cadre, attendu que cette tâche sera toujours confiée à des hommes spéciaux. Tout au plus pouvons-nous indiquer au Chapitre des réparations quelques procédés sommaires pour la mise en état des plates-formes détériorées par la mine, le rétablissement d'un petit pont, etc.

# CHAPITRE IV.

## MISE HORS DE SERVICE ET RÉPARATION DES VOIES ET DE LEUR MATÉRIEL.

### DESTRUCTION D'UNE VOIE FERRÉE.

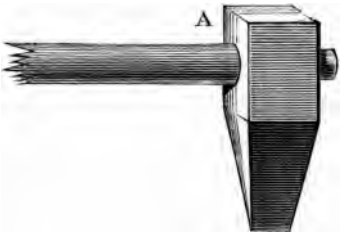
Nous supposerons d'abord que la portion de ligne à détruire se trouve de plain-pied avec la campagne environnante et qu'elle est établie avec des rails à double champignon. L'officier commandant le détachement choisira de préférence les parties courbes de la ligne comme étant plus longues et plus difficiles à rétablir ; voici quelles sont les opérations successives à exécuter sur une voie de ce genre :

1° *Dégarnir les traverses.* — Cette opération se fait à la pelle et à la pioche ; elle consiste à enlever le ballast le long des rails, en dedans et en dehors de la voie, de manière à découvrir les traverses.

2° *Enlever les éclisses.* — Il faut d'abord dévisser les écrous et enlever les boulons ; on dévisse les écrous au moyen d'une clef anglaise ou d'une clef en S, mais il arrive souvent que l'écrou s'est rouillé sur le boulon et qu'il est impossible de le faire tourner. Il faut alors couper cet écrou pour le détacher. Cette opération se fait au moyen d'un marteau et *d'une tronche.* La tronche est un

petit instrument en acier A (*fig.* 43), qui présente, d'un côté une tête plane, de l'autre une partie tranchante ; il est emmanché très-court. Un ouvrier pose le tranchant de

Fig. 43.




la tronche sur le boulon et maintient l'instrument en le tenant par le manche, tandis qu'un autre ouvrier frappe à coups redoublés sur la partie plane avec un lourd marteau ; il faut à peine deux minutes pour fendre l'écrou complétement et le détacher. Cela fait, on chasse le boulon et l'on enlève les éclisses. Si l'on n'a pas de tronche à sa disposition, on peut encore essayer de casser le boulon en le frappant latéralement avec un marteau, mais ce dernier procédé est moins expéditif.

3° *Chasser les coins.* — L'ouvrier, armé d'une chasse ou, à défaut, d'un marteau quelconque, frappe sur la pointe du coin et le force à sortir du coussinet.

4° *Enlever le rail.* — Il faut environ six hommes pour cette opération; les ouvriers saisissent le rail dans l'intervalle des traverses et le soulèvent légèrement *en l'inclinant,* de manière à lui donner un quartier. Lorsque le rail est ainsi couché de champ, on peut facilement l'extraire des coussinets en achevant de le soulever.

5° *Enlever les coussinets.* — Si les coussinets sont fixés avec des tire-fonds, on dévisse ceux-ci avec une clef anglaise; à défaut de cet instrument, on casse la tige du tire-fond près de sa jonction avec la tête en frappant latéralement avec un marteau. Si les coussinets sont fixés avec des chevillettes ou des crampons, on les arrache au moyen d'une pince ou d'un pied-de-biche. A cet effet, l'ouvrier chasse de force l'extrémité inférieure de la pince entre le coussinet et la traverse, puis il pèse vigoureusement et par saccades sur l'autre extrémité. Lorsque la voie est un peu ancienne, il n'est pas toujours nécessaire d'enlever d'abord les tire-fonds ou les crampons pour pouvoir ensuite arracher les coussinets; on y arrive facilement en engageant le bout de la pince entre les deux mâchoires du coussinet, et en pesant brusquement, tantôt d'un côté, tantôt de l'autre.

6° *Enlever les traverses.* — On les ébranle d'abord avec la pince, puis deux hommes saisissent chaque traverse et la mettent de côté.

7° *Mettre le matériel hors de service.* — Il ne suffit pas d'avoir enlevé les rails et les traverses, il faut encore mettre ces différents objets hors de service quand on n'a pas les moyens de les faire disparaître; sans cela il serait trop facile de rétablir la voie. Le moyen le plus simple consiste à former un bûcher composé de rails et de traverses superposées et d'y mettre le feu avec des broussailles; lorsque les rails sont encore chauds, on les fausse en les frappant avec un marteau. Si le temps manque, il faut du moins emporter les coussinets et les disperser au loin; si une rivière se trouve à proximité, on peut y jeter les traverses, les rails, les coussinets, les boulons, etc.

8° *Nombre d'ouvriers et temps nécessaires.* — Le nombre d'hommes et le temps nécessaires pour détruire une voie ferrée sur une certaine étendue varient naturellement beaucoup avec l'habileté et l'expérience des ouvriers. Ces opérations sont très-simples, mais encore faut-il cependant les avoir exécutées quelquefois pour ne pas se trouver embarrassé; après une dizaine d'exercices pratiques, tous nos soldats seraient en état de détruire rapidement une portion de voie. Avec un peu d'habitude, deux hommes, un pelleur et un piocheur, peuvent dégarnir 15 mètres courants de voie dans une heure; si l'on dispose d'un groupe de six hommes, on le répartira en trois ateliers de deux hommes et l'on attaquera la voie sur une longueur de 45 mètres; dans une heure elle sera donc dégarnie. Chaque atelier s'occupera ensuite de faire sauter les boulons et d'enlever les éclisses; après quoi, les six hommes se réuniront pour soulever les rails et les extraire de leurs coussinets; enfin les ouvriers se répartiront de nouveau dans leurs ateliers pour arracher les coussinets et enlever les traverses. Une heure suffit pour cette seconde partie de l'opération. En doublant ces chiffres, on voit que douze hommes exercés peuvent détruire complétement plus de 150 mètres courants de voie dans l'espace de quatre heures. Il est bon de joindre à ces douze hommes deux sous-officiers ou caporaux pour remplir les fonctions de chefs de pose ou brigadiers de chantier; c'est à peu près la force d'une escouade d'infanterie sur le pied de guerre; un officier prendrait le commandement en chef du détachement, il déterminerait lui-même la portion de voie à détruire et surveillerait l'ensemble des travaux.

Quand il s'agit d'une voie construite avec des rails

Vignole, les opérations se succèdent à peu près dans le même ordre, et exigent à peu près le même nombre d'ouvriers munis des mêmes outils ; il nous suffira d'en donner la nomenclature :

1° *Dégarnir la voie ;*
2° *Enlever les éclisses ;*
3° *Arracher les crampons ;*
4° *Enlever les rails et les platines ;*
5° *Enlever les traverses ;*
6° *Mettre le matériel hors de service.*

Nous n'avons rien à ajouter aux détails qui ont déjà été fournis ; quant au nombre d'ouvriers, aux outils et aux temps nécessaires, les mêmes chiffres sont également applicables.

Il est évident, d'ailleurs, que les procédés que nous venons d'exposer doivent être modifiés suivant les circonstances ; chaque officier saura bien en appliquer telle ou telle partie, en modifier ou même en supprimer telle ou telle autre. Par exemple, si le temps manque, on pourra se borner à enlever les rails sans toucher aux traverses ; si la voie est bordée d'arbres, on peut encore couper et renverser quelques arbres en travers des rails, etc. ; mais il faut bien se persuader que ces moyens sont peu efficaces et n'arrêteront pas longtemps la circulation. Le seul procédé vraiment sérieux sera toujours celui que nous venons d'indiquer, et encore faut-il qu'il soit appliqué sur une longueur assez grande, et que la plate-forme de la voie soit, autant que possible, détruite et bouleversée profondément.

DESTRUCTION DES OUVRAGES D'ART.

Pour les grands ouvrages d'art, tels que ponts en pierre ou en fer, ponts tubulaires, viaducs, tunnels, etc., les dispositions sont prises généralement longtemps d'avance, parfois même au moment de la construction, pour pouvoir à un moment donné mettre ces ouvrages hors de service. Dans tous les cas, on ne doit exécuter une opération semblable qu'en vertu d'*ordres formels* et en cas d'absolue nécessité. Il ne faut pas oublier que ces constructions représentent un capital et un travail considérables, que les réparations seront longues et difficiles, que dans certaines hypothèses on peut avoir besoin, pour soi-même, des ouvrages détruits dans le but d'en priver l'ennemi. Il faut peser soigneusement toutes ces considérations et voir si les avantages obtenus compenseront les sacrifices ; l'autorité supérieure est seule en position de se prononcer dans une question aussi complexe, et seule aussi peut donner des ordres concernant les mesures à prendre suivant les circonstances. L'exécution des travaux de ce genre sera toujours confiée à des hommes spéciaux ; nous nous bornerons donc à donner quelques indications sur la manière de détruire un remblai ou un ponceau, d'obstruer un tunnel ou une portion de voie encaissée.

S'il s'agit d'un remblai, on pratique dans l'intérieur du massif une excavation verticale de $1^{m},50$ à $1^{m},80$ de profondeur dans laquelle on dépose une certaine quantité de poudre ; la charge varie naturellement suivant les effets qu'on veut obtenir, mais elle ne doit pas être inférieure à 80 ou 100 kilogrammes. On rebouche ensuite le trou avec des pierres, de la terre fortement damée, et l'on

met le feu soit au moyen de la pile, soit au moyen d'une mèche enfermée dans un auget. L'explosion produit un entonnoir de 5 à 6 mètres de diamètre sur 2 mètres de profondeur environ ; les rails sont arrachés ou ébranlés sur une longueur de 15 à 18 mètres. Avec trois fourneaux de mine semblables, placés à une trentaine de mètres l'un de l'autre, on peut endommager sérieusement 100 mètres courants de voie ; douze hommes munis des outils nécessaires exécutent les fourneaux de mine et y mettent le feu en moins de deux heures.

Si la voie est en déblai, on pratique dans chaque talus, à $1^{m}$, 50 environ au-dessus du niveau des rails, deux ouvertures dirigées obliquement de haut en bas et à 10 mètres de distance l'une de l'autre. La charge de poudre est introduite dans l'excavation, à une profondeur d'environ 2 mètres, et l'on bourre fortement par-dessus. L'explosion ouvre dans chaque talus deux entonnoirs de dimensions variables suivant la nature du terrain ; dans tous les cas, il se produit un ébranlement général, suivi bientôt après d'un éboulement plus ou moins considérable. Quatre fourneaux semblables peuvent être établis dans l'espace de trois heures par un atelier de douze hommes ; ils accumulent sur la voie une quantité de matériaux toujours suffisante pour interrompre longtemps la circulation et rendre impraticables 40 mètres courants de ligne. Si les talus sont revêtus en maçonnerie, l'effet produit est encore plus destructif ; car le mur qui est renversé entraîne dans sa chute un cube de déblais d'autant plus considérable que le talus était plus roide.

S'il s'agit d'un pont en bois, il faut scier les grosses poutres ou mieux encore l'incendier ; il est bon, pour

rendre l'opération plus rapide et l'incendie plus difficile à éteindre, d'enduire les chevalets et les charpentes qui soutiennent le tablier avec une matière résineuse, comme le goudron, ou une huile très-combustible, comme le pétrole. On entasse au-dessus et au-dessous du pont des fagots de bois sec et l'on allume le tout au moment voulu.

S'il s'agit d'un petit pont en pierre mesurant 5 à 6 mètres d'ouverture, on pratique dans la culée du pont avec un pic ou une pioche pointue une ouverture horizontale de 35 à 40 centimètres de profondeur, qui s'infléchit ensuite vers le bas de la même quantité; on met au fond de cette excavation environ 100 ou 120 kilogrammes de poudre et on la rebouche soigneusement avec des pierres et de la terre fortement comprimée. On obtient un résultat aussi bon et peut-être plus rapide en pratiquant un boyau, légèrement incliné vers le bas, qu'on remplit ensuite avec de la terre, et qu'on bouche au moyen d'une pierre plate. Cette pierre est solidement maintenue par un madrier horizontal qui s'appuie contre l'autre culée du pont. Dans tous les cas, l'explosion est obtenue soit au moyen d'une mèche, soit au moyen du fil électrique; elle a pour effet de renverser une partie de la culée, ce qui entraîne la destruction ou tout au moins la mise hors de service du pont.

On emploie un dispositif analogue pour la mise hors de service et la destruction plus ou moins complète des tunnels.

Nous ne pouvons pas nous étendre plus longuement sur ce sujet; ajoutons, cependant, que la science n'a pas encore dit son dernier mot; elle tient en réserve des agents de destruction tellement puissants, que leur mise en œuvre

n'exige pour ainsi dire aucune disposition préliminaire. Les récentes expériences ont prouvé qu'un saucisson de dynamite placé au pied des plus fortes palissades suffit à les détruire; une cartouche de la même substance brise le rail sur lequel elle est posée; un pétard simplement suspendu devant un mur en maçonnerie le renverse en faisant explosion. Il est probable que les terribles propriétés de la dynamite trouveront leur application dans la prochaine guerre et simplifieront énormément la destruction et la mise hors de service des voies ferrées.

Dès aujourd'hui, la question paraît résolue affirmativement. On a trouvé le moyen de fabriquer et de transporter la dynamite dans des conditions de sécurité suffisantes : il ne reste plus qu'à déterminer par expérience les procédés à employer pour la mise en œuvre de cette substance. Il y a là des difficultés pratiques assez nombreuses, mais qui peuvent être considérées d'avance comme vaincues.

### RÉPARATION DES VOIES FERRÉES.

Après ce que nous avons dit sur la construction des voies ferrées, il nous restera peu de chose à ajouter sur la réparation des lignes détruites ou endommagées. Le premier soin doit être évidemment de rétablir la plateforme si elle a été attaquée par la mine; après quoi, les opérations se succèdent dans l'ordre indiqué précédemment. Si la ligne est à deux voies et si les deux voies sont coupées, ce qui est le cas habituel, il faut au besoin sacrifier l'une d'elles pour réparer l'autre; on se servira ensuite de la voie qui vient d'être rétablie pour amener les

matériaux nécessaires à la réparation de l'autre. Si l'on dispose de deux escouades semblables à celle dont nous avons parlé, c'est-à-dire comprenant douze hommes chacune, plus un sous-officier et un caporal, voici quelle sera la répartition adoptée pour l'exécution du travail :

| | | |
|---|---|---|
| 2 | hommes | pour égaliser la plate-forme et le ballast; |
| 4 | » | pour apporter les traverses; |
| 2 | » | pour recevoir les traverses sur la voie et les placer; |
| 6 | » | pour apporter les rails; |
| 2 | » | pour boulonner les éclisses; |
| 8 | » | 4 leviers, pour soutenir les traverses; |
| | | 4 marteaux, pour enfoncer les crampons; |
| Total 24 | ouvriers. | |

Les escouades qui doivent réparer les voies ferrées sont composées des hommes qui servent à détruire ces mêmes voies.

Il faut, pour équiper ces ouvriers en vue de l'une ou l'autre hypothèse :

12 pelles ou pioches;
2 clefs anglaises ou clefs en S;
4 leviers ordinaires ou pieds-de-biche;
5 marteaux ou chasses;
4 tronches;
1 règle à traveler;
1 règle à niveau;
1 niveau à bulle d'air;
2 gabarits, 1 pour la voie, 1 pour l'entre-voie;
Plus la quantité nécessaire de matériel.

Les ouvriers porteurs des clefs anglaises seraient chargés également de la règle à niveau ou à traveler; les ouvriers

porteurs des marteaux recevraient en même temps une tronche. Les chefs de pose ou brigadiers porteraient le niveau à bulle d'air, un décamètre gradué, des cales, etc. Les gabarits ne sont pas indispensables; on peut y suppléer au moyen d'un simple trait marqué sur la règle à traveler. Les matériaux nécessaires à l'établissement de la voie, traverses, rails, boulons, éclisses, etc., sont transportés sur des voitures; on connaît le poids de chaque objet, on sait aussi combien il en faut de chaque espèce pour une longueur de voie déterminée : il est donc facile d'en déduire le nombre de voitures à demander ou à réquisitionner.

En arrivant sur le terrain, l'officier, chef du détachement, répartit les douze pelleurs et piocheurs le long de la voie et fait procéder aux premiers travaux, pendant que les autres ouvriers déchargent les voitures et disposent par lots les rails, les traverses, etc., échelonnés sur le parcours. Dès que la plate-forme est en état, on jette et l'on éparpille le ballast, après quoi les travaux d'installation commencent et se poursuivent comme nous l'avons dit au Chapitre III. La proportion entre les ouvriers, qui sont chargés de chaque partie de la besogne, est calculée de telle manière que les hommes ne s'embarrassent pas mutuellement et ne chôment jamais : c'est là un point important pour la promptitude et la facilité du travail. Lorsque les circonstances l'exigent, un détachement armé protége les travailleurs; les dispositions militaires regardent spécialement l'officier qui commande ces troupes et nous n'avons pas à nous en occuper ici.

Il y a peu de chose à dire sur les réparations qu'il est possible de faire aux travaux d'art, avec les moyens res-

treints qui sont généralement à la disposition des officiers de troupe. Ces réparations se borneront, le plus souvent, à des travaux de charpente élémentaires, soit pour rétablir le passage sur un ponceau, soit pour consolider des terres ou des maçonneries ébranlées. Lorsque le bois fait défaut, on peut utiliser dans le même but les rails ordinaires de la voie; pour un ponceau qui mesure, par exemple, 3 ou 4 mètres d'ouverture, on jette en travers des rails qui ont 6 mètres de longueur et qui prennent un point d'appui solide sur les deux bords de l'excavation. Ces rails juxtaposés forment une espèce de tablier, sur lequel on pose les traverses; celles-ci, à leur tour, supportent les rails de la voie. Si la portée dépasse 4 mètres, il est prudent de consolider le tout au moyen d'un fort chevalet posé en travers, au-dessous et au milieu du pont. Il est bien entendu que les réparations de ce genre sont essentiellement provisoires; on doit se hâter de les remplacer par des ouvrages plus solides aussitôt que faire se peut.

Lorsqu'il s'agit d'un tunnel dont l'entrée a été obstruée au moyen de la mine, les petits détachements dont nous parlons ici ne peuvent pas évidemment réparer ce dégât : ils doivent alors faire enlever les déblais par des paysans et des ouvriers du pays, en attaquant l'obstacle des deux côtés à la fois et le plus rapidement possible. Lorsque cette besogne est terminée, il est bon d'étançonner la route avec des charpentes provisoires, afin de prévenir, autant que possible, de nouveaux éboulements.

Les travaux de ce genre rentrent complétement dans le cadre des petites opérations de la guerre, que les officiers de tout grade peuvent être appelés à exécuter. Toutes les armes y sont également propres, tous les hommes de-

vraient y être exercés. Sans vouloir préjuger la question des futures Compagnies franches de chemins de fer, il nous paraît que chaque compagnie d'infanterie pourrait, dès aujourd'hui, dresser à cette besogne deux escouades environ, et chaque escadron de cavalerie un demi-peloton. Il n'est pas nécessaire que ces hommes soient dispensés des marches et manœuvres ordinaires, encore moins qu'ils soient distraits de leurs corps respectifs; chaque régiment trouverait ainsi dans ses rangs un noyau d'hommes expérimentés qui pourraient certainement rendre de grands services à un moment donné.

## CHAPITRE V.

### CONDUITE DES MACHINES.

Nous connaissons déjà les divers rouages qui constituent les locomotives ; il nous reste à donner des règles précises pour la conduite des machines. Il ne faudrait pas croire cependant qu'en pareille matière il suffit d'avoir étudié dans des livres pour savoir ; les explications et les figures, si claires qu'elles soient, ne valent pas quelques heures de pratique. Il n'est pas difficile de faire avancer ou reculer une machine ; mais pour démarrer ou arrêter sans à-coup, pour conserver pendant la marche et en dépit des accidents de la voie une vitesse à peu près uniforme, pour ménager le combustible et néanmoins obtenir de la locomotive le maximum d'effet, pour prévoir et empêcher les accidents, il faut avant tout du coup d'œil, de la vigilance et de la pratique. Nous engageons donc tous les officiers à voir par eux-mêmes, quand ils auront étudié ce Manuel, et surtout à faire par eux-mêmes les manœuvres que nous allons essayer d'indiquer : c'est le seul moyen de comprendre ce qui peut paraître obscur à la lecture et de se graver les détails dans la mémoire. Il y a cependant des principes qui peuvent singulièrement faciliter et abréger l'apprentissage ; nous allons les exposer le plus clairement possible.

*Précautions avant le départ.* — La locomotive étant approvisionnée d'eau et de charbon, le foyer allumé, la chaudière garnie, la vapeur se forme peu à peu et s'accumule sous le dôme de vapeur. Avant de partir, le mécanicien doit examiner attentivement les diverses pièces de sa machine ; il s'assure en particulier que les soupapes de sûreté et le manomètre fonctionnent bien, que les boîtes à graisse sont garnies, que le sifflet joue, que les chaînes d'attelage sont accrochées, que les barres sont serrées au contact, que les freins fonctionnent, que les caisses d'outils et de signaux sont au complet. Lorsque la machine est en pression, c'est-à-dire lorsque la vapeur possède une tension suffisante, le mécanicien en est averti par l'inspection du manomètre ; dès lors il peut partir aussitôt que le chef de gare donnera le signal.

*Mise en marche.* — Le chauffeur et le mécanicien prennent leurs places de manœuvre que nous connaissons déjà ; le chef de train transmet le signal du chef de gare au moyen de la cloche fixée sur le tender, et les conducteurs desserrent les freins. Aussitôt, le mécanicien dispose sur la lettre A son appareil de changement de marche, appuie sur le levier du sifflet pour annoncer que le train va partir et ouvre le régulateur. Nous savons en quoi consiste cet appareil ; le levier sur lequel agit le mécanicien est généralement horizontal ; la manœuvre s'exécute en saisissant le levier par la poignée et l'attirant à soi. Sur quelques machines, ce levier est fixé verticalement devant la plaque de la chaudière, la poignée se trouvant à hauteur environ de la lunette de droite ; dans ce cas le mécanicien, pour ouvrir le régulateur, pousse la poignée

vers la gauche. Lorsque les machines sont neuves, ou très-bien entretenues, il suffit d'un effort très-modéré pour ouvrir le régulateur; mais à la longue tous les organes s'encrassent plus ou moins, les tringles se faussent ou se tordent, et il faut quelquefois déployer une certaine force pour obtenir le résultat voulu. Or la vapeur ne doit pas pénétrer brusquement et à plein tuyau dans le cylindre : elle doit, au contraire, agir progressivement de manière à ménager les organes de la locomotion, les appareils d'attelage et à éviter les accidents. Il est donc essentiel d'agir avec précaution, et de n'introduire, du premier coup, dans le cylindre, que le volume de vapeur nécessaire pour ébranler le train. Les mécaniciens sont familiarisés avec leur machine et connaissent bien vite la force nécessaire pour exécuter la manœuvre; dans tous les cas, si le passage laissé à la vapeur se trouve trop large, on en est averti sur-le-champ par un à-coup plus ou moins violent. Il faut alors refermer immédiatement le régulateur en repoussant le levier ; on peut ensuite ouvrir de nouveau la communication, et, lorsque le train est en marche, arriver peu à peu au maximum de vitesse en agissant progressivement sur le levier. Avec un mécanicien habile et un train convenablement attelé, le départ s'effectue d'une manière presque insensible.

*Surveillance pendant la route.* — Pendant que le convoi est en marche, toute la difficulté consiste à conduire le feu et à régler la pression de manière que la machine puisse conserver une vitesse convenable et surmonter aisément les accidents de la ligne. Pour cela deux conditions sont indispensables : il faut d'abord que le mécani-

cien ait une certaine habitude de son métier et de sa machine ; secondement, qu'il connaisse parfaitement la voie. Pour ces deux raisons, et bien d'autres qu'il serait trop long de détailler, on confie généralement les mêmes machines aux mêmes mécaniciens, et l'on emploie autant que possible ces derniers sur un tronçon de la ligne toujours le même.

*Arrêt progressif.* — Lorsque le train approche d'une station, il faut que le mécanicien prenne les mesures nécessaires pour s'arrêter progressivement et en temps opportun. Il commence, dans ce but, par fermer plus ou moins le régulateur ; s'il repousse complétement le levier, l'obturation est parfaite, de sorte que le convoi ne marche plus qu'en vertu de la vitesse acquise et finit par s'arrêter de lui-même. Si cette mesure ne suffit pas, le mécanicien prescrit au chauffeur de serrer le frein du tender ; enfin, si ce moyen reste encore insuffisant, le mécanicien siffle aux freins ; à ce signal, les employés spéciaux du train serrent à fond les freins de leurs wagons. Tel est le procédé généralement employé dans les conditions ordinaires de l'exploitation.

Mais il peut se présenter des cas particuliers où il importe d'arrêter le train aussi promptement que possible ; tel est le cas par exemple où une collision est imminente, soit que deux trains marchent à la rencontre l'un de l'autre sur la même voie, soit que la ligne se trouve embarrassée par un obstacle quelconque. Voici quelles sont les manœuvres à exécuter dans des circonstances semblables :

*Arrêt brusque, appareil à contre-vapeur.* — Dès que le mécanicien aperçoit le danger, il fait serrer à fond tous les

freins du convoi ; en même temps, il tourne rapidement la roue de son appareil de marche de manière à amener la lettre R sous le repère fixe : c'est ce qu'on appelle *renverser* la vapeur ; enfin le mécanicien ouvre complétement son régulateur, si ce n'est déjà fait. Il est facile de comprendre le résultat de ces manœuvres simultanées ; les freins tendent à ralentir la marche du convoi, mais la masse de ce dernier est trop considérable pour que l'action modératrice produise immédiatement l'arrêt ; le train continue donc à marcher et le piston à se mouvoir comme auparavant. Cependant, la vapeur étant renversée, les tiroirs sont disposés comme pour la marche en arrière et fonctionnent en sens inverse de la marche du piston ; ils introduisent la vapeur dans le compartiment antérieur du cylindre au moment où le piston se porte en avant, et dans le compartiment postérieur au moment où le piston se porte en arrière. Il en résulte qu'à chaque mouvement le piston est obligé de refouler la vapeur au lieu d'être poussé par elle, en sorte que toute la force employée naguère pour faire avancer le train est utilisée maintenant pour le faire reculer. La vitesse du convoi *diminue* d'autant plus rapidement que le régulateur est *plus ouvert,* et le train ne tarde pas à s'arrêter. Le mécanicien doit saisir ce moment pour fermer le régulateur ; car, sans cette précaution, la machine reculerait après s'être arrêtée, et repartirait en sens inverse avec une vitesse croissante.

Il est évident que, dans cette marche à contre-vapeur, tous les organes de la locomotive, sollicités par deux forces opposées, fatiguent énormément ; la machine fait entendre un bruit rauque significatif, et ressent de violentes secousses. En outre, les pistons, au lieu d'agir par

*refoulement* dans la cheminée, c'est-à-dire au lieu de chasser la vapeur dans les tuyaux d'échappement, agissent, au contraire, par *aspiration*. Lorsque le piston se porte en avant, il se produit derrière lui un vide que l'air extérieur vient remplir, en descendant par le tuyau d'échappement qui débouche, comme nous le savons, dans la cheminée; la pression atmosphérique entraîne souvent, dans l'intérieur du cylindre, des corpuscules de carbone et même de petites escarbilles qui sortent des tubes à feu. Tous ces corps étrangers gênent la marche du piston et dégradent les parois du cylindre. Pour obvier à cet inconvénient, on emploie sur beaucoup de machines un appareil spécial dit de *contre-vapeur*. Cet appareil se compose d'un tube qui s'ouvre par une extrémité dans la chaudière, par l'autre dans le cylindre; celle-ci présente une ouverture très-petite dont la section mesure à peine quelques millimètres; un robinet permet d'établir ou d'interrompre la communication : il se manœuvre, comme les autres, au moyen d'une tringle et d'un levier I (*fig.* 33). Lorsque le mécanicien a renversé la vapeur, il ouvre le robinet de son appareil à contre-vapeur; l'eau en ébullition, chassée par la pression de la vapeur, accumulée sous le dôme de la chaudière, suit le tuyau et pénètre dans le cylindre sous la forme d'un jet très-mince. Cette eau possède souvent une température de 120 et 130 degrés; elle arrive dans un compartiment du cylindre, où le mouvement du piston vient de faire le vide, et par suite se vaporise instantanément. La tension de la vapeur ainsi obtenue suffit pour contre-balancer la pression atmosphérique et, par conséquent, pour empêcher l'introduction des corps étrangers dans le cylindre.

Au moyen de ces divers appareils, on peut arrêter un train lancé à toute vitesse, en terrain horizontal, avant qu'il n'ait parcouru trois cents mètres; on emploie également la marche à contre-vapeur lorsque le train descend le long d'une pente un peu forte, afin de modérer la rapidité de la marche. Ajoutons, d'ailleurs, qu'il ne faudrait pas s'effrayer outre mesure, dans le cas où, par suite d'un accident quelconque, la machine deviendrait impuissante à maîtriser la descente du train le long d'une rampe ordinaire. Il est établi, en effet, par le calcul et par l'expérience, que des wagons, abandonnés à eux-mêmes sur les parties déclives de nos voies ferrées, ne peuvent pas dépasser une vitesse de 60 à 70 kilomètres à l'heure : le frottement et la résistance de l'air suffisent pour maintenir la marche dans ces limites, qui n'ont rien d'excessif. Un accident ne serait à redouter, dans des circonstances semblables, que si la voie présentait des courbes trop accentuées, ou se trouvait fortuitement encombrée.

Nous avons indiqué successivement les moyens qu'il faut mettre en œuvre pour manœuvrer un train sur les voies ferrées; nous devons terminer par quelques prescriptions, qu'il est important de connaître, pour être à même de parer à certaines éventualités.

*Machine hors de service.* — Si une avarie survient, qui mette la machine hors d'état de continuer son trajet, le mécanicien en rend compte au chef de train qui vérifie le fait par lui-même et prend immédiatement les mesures suivantes :

1° *Faire couvrir le train en avant et en arrière pour prévenir les collisions.* Dans ce but, le chef de train envoie

à 1000 mètres, dans les deux sens, des hommes porteurs d'un drapeau rouge pendant le jour, d'une lanterne à feu rouge pendant la nuit; ces hommes fixent leur signal à proximité de la voie si la ligne est simple, et à droite de la voie obstruée si la ligne est double.

2° *Assurer les secours.* Dans ce but, le chef de train expédie un messager qui se met le plus rapidement possible en communication avec les employés de la voie, ou même gagne la station la plus voisine, et prévient le chef de gare que *tel* train se trouve en détresse à *tel* kilomètre de la voie, pour *tel* et *tel* motif. Cet avis est immédiatement transmis par le télégraphe à la gare de secours la plus proche, et le chef de cette gare prend alors les mesures nécessaires pour expédier une machine de secours.

La gare est choisie, autant que possible, *en arrière* du train, afin que la machine de secours puisse prendre le train en queue et ne soit pas obligée de marcher à contre-voie. Lorsque, pour une raison quelconque, on s'est adressé à une gare en avant, la machine doit suivre la seconde voie jusqu'à la station que le train en détresse a laissée derrière lui, et changer alors de voie pour venir prendre le train en queue. Le mécanicien qui conduit la locomotive de secours s'approche avec précaution du train arrêté sur la voie et le pousse jusqu'à la première gare. Pendant ce temps, on réunit les moyens nécessaires, soit pour emmener les wagons avec une nouvelle machine, soit pour transborder les voyageurs sur le train suivant. Sa mission étant terminée, la machine de secours rejoint sa gare d'attache en se conformant aux règles que nous avons déjà indiquées.

Les mêmes mesures sont adoptées lorsqu'il se produit un déraillement, un choc, en un mot un accident quelconque, qui met la machine hors de service et encombre la voie. Si l'accident est arrivé à proximité d'un tunnel ou pendant la nuit, on doit, en outre des signaux réglementaires, poser des pétards aux distances prescrites: même recommandation en temps de brouillard ou de neige et lorsqu'on peut craindre que les signaux ne soient pas visibles d'assez loin.

*Rupture d'attelage.* — Il arrive parfois que les barres d'attelage et les chaînes de sûreté se brisent, qu'un wagon mal accroché se détache en route, etc. Si le chef de train ne s'aperçoit pas immédiatement de l'accident ou n'en est pas averti par les gardes-freins, il continue sa route jusqu'à la station suivante. L'absence d'un certain nombre de wagons ayant été constatée, le chef de train donne au chef de gare tous les renseignements qu'il possède ou peut se procurer; il indique principalement le nombre de voitures restées en détresse, l'endroit où elles se trouvent, la cause de l'accident, etc. Le chef de gare télégraphie ces renseignements au dépôt le plus proche et celui-ci, à son tour, prend toutes les mesures convenables pour envoyer une machine munie des ouvriers et des outils nécessaires, afin de réparer les avaries, d'atteler de nouveau les wagons et de les conduire à la gare voisine. Remarquons de nouveau que la gare de secours doit toujours être choisie, autant que possible, *en arrière* des voitures en détresse. Il est clair cependant que sur les lignes à voie unique, et lorsqu'on sera forcé d'avoir recours à une gare située en avant du point dangereux, la machine de secours devra

marcher à contre-voie. Le mécanicien peut alors le faire, mais seulement en vertu d'un *ordre écrit* que lui donne le chef de gare, et il lui est recommandé de manœuvrer avec la plus grande prudence. En règle générale, la marche à contre-voie est formellement prohibée.

Cependant si le chef de train s'aperçoit de l'accident en temps opportun, s'il distingue bien les wagons restés en arrière et immobiles sur la voie, il peut donner l'ordre au mécanicien de reculer pour aller les chercher. Cette manœuvre doit s'exécuter avec prudence et en employant toutes les précautions nécessaires pour éviter les chocs.

Si l'accident se produit pendant que le train descend une pente, le mécanicien doit bien se garder de reculer et même de s'arrêter pour attendre que les wagons détachés, qui descendent la pente en vertu de leur propre poids, aient rejoint le train. Il doit se contenter simplement de ralentir peu à peu sa vitesse, de manière que la jonction se fasse sans à-coup. Lorsque les deux parties du convoi sont de nouveau soudées, on arrête le train, on attache solidement les wagons et l'on peut ensuite reprendre la marche en avant.

Ce que nous venons de dire est également applicable si les wagons détachés qui sont restés en arrière, en terrain horizontal, ne sont pas cependant immobiles, mais continuent encore de s'avancer en vertu de la vitesse acquise. Enfin, si l'accident arrive dans un tunnel ou pendant la nuit, et qu'on s'en aperçoive de suite, il faut envoyer dans la direction un homme muni d'une lanterne rouge, qui s'arrête à hauteur des wagons; la locomotive recule lentement en suivant le pilote.

Il y a encore un dernier cas à examiner, c'est celui où

la rupture se produit pendant que le train gravit une pente ; c'est d'ailleurs le cas le plus général. La partie du train qui s'est détachée redescend alors la pente et il est rare que, dans ces circonstances, le mécanicien puisse parer en temps opportun à cet accident. Ce qu'il y a de plus simple, c'est d'abandonner les wagons à eux-mêmes et de demander secours à la gare suivante ; les employés qui montent les wagons détachés doivent alors serrer les freins, le plus vite et le plus vigoureusement possible, de manière à arrêter, ou tout au moins à ralentir leur marche. Cependant, si le mécanicien est averti à temps, s'il est habile, si la pente n'est pas trop forte, il peut essayer d'un moyen qui réussit quelquefois. Aussitôt que la rupture est signalée, le mécanicien arrête la machine par les procédés les plus prompts, et recule ensuite en poursuivant les wagons qui descendent la pente. La marche doit être réglée prudemment, de manière à gagner peu à peu de vitesse les voitures détachées, et à les aborder sans à-coup. Un employé adroit se glisse alors derrière la dernière voiture et rattache les wagons le mieux possible. Dès que cette opération est terminée, le mécanicien ralentit la marche et arrête le train ; on peut alors assurer complétement l'attelage et reprendre la marche en avant.

Il arrive quelquefois que les accidents de ce genre sont causés par la négligence ou la maladresse des employés ; mais le plus souvent ils proviennent d'un défaut dans la contexture des barres d'attelage, ou d'une charge trop forte. Lorsque son train est trop chargé, et aussitôt qu'il a pu constater le fait, le mécanicien doit laisser son excédant à la première gare qu'il rencontre ; s'il est forcé de l'abandonner en pleine voie, il doit en pré-

venir le chef de gare le plus rapproché, et celui-ci prend les mesures indiquées pour faire remorquer par une machine de secours les wagons en détresse.

*Signal d'arrêt.* — Lorsque le chef de train, en approchant d'une gare, voit que le sémaphore ou le disque destiné à la couvrir donne le signal d'arrêt, il doit faire arrêter immédiatement le train, et tâcher de découvrir pourquoi le signal a été fait.

Si, à la suite d'un examen attentif, le chef de train n'aperçoit sur la voie aucun obstacle, il monte sur la machine et prescrit au mécanicien de se mettre en marche à une allure très-modérée. Lorsque le train est ainsi arrivé en gare sans rencontrer aucun obstacle, le chef de train prévient le chef de gare de la négligence ou de l'erreur commise par l'employé chargé des signaux. Les mêmes prescriptions sont observées lorsque le train rencontre en pleine ligne un signal de ralentissement ou d'arrêt.

D'ailleurs, et comme règle générale, les employés d'un train doivent surveiller attentivement non-seulement la voie qu'ils parcourent, mais encore la seconde voie; ils doivent rendre compte en passant dans les gares de tout ce qui a pu frapper leur attention; ils doivent prendre, de leur propre initiative, les précautions réglementaires que nous avons indiquées. Ainsi, lorsque la seconde voie est embarrassée par un obstacle, les chefs de train font couvrir cet obstacle en avant et en arrière par des signaux, et ils en rendent compte à la première station.

# CHAPITRE VI.

## MISE HORS DE SERVICE ET RÉPARATION DU MATÉRIEL ROULANT.

Le matériel roulant se compose des wagons et des locomotives. Nous n'avons pas grand'chose à dire des premiers : ils sont évidemment indispensables à l'exploitation, mais ils restent complétement inutiles si les machines ont été enlevées ou mises hors de service. Il y a plusieurs manières de mettre les wagons hors de service. Lorsqu'on a perdu tout espoir de les reprendre, ou lorsque l'ennemi possède les moyens nécessaires pour enlever les wagons, il faut les brûler; si l'on suppose qu'une mise hors de service momentanée pourra suffire, on scie les longerons qui forment le châssis, on casse les boîtes à graisse avec un marteau, on brise ou l'on fausse la manivelle des freins, etc.; toutes ces dégradations peuvent être facilement réparées avec les ressources ordinaires des gares.

Quant aux locomotives, il y a bien des manières de les mettre momentanément ou définitivement hors de service : tout dépend du résultat qu'on veut obtenir, du temps et des moyens dont on dispose. Nous allons résumer en quelques mots les divers procédés qu'on peut employer, et nous indiquerons en même temps la manière de réparer les dégâts, lorsque la chose est possible, avec les ressources ordinaires d'une gare.

1° *Chauffer la locomotive jusqu'à explosion.* — Il faut pour cela charger ou attacher les balances et chauffer rapidement, en ayant soin d'abandonner la machine lorsque le manomètre indique le maximum de pression.

2° *Lancer deux locomotives l'une contre l'autre.* — Les avaries qui résultent de ces deux moyens sont complétement irréparables ; on ne doit y avoir recours qu'à la dernière extrémité.

3° *Détruire les appareils d'alimentation.* — Ces appareils se composent de l'injecteur Giffard, qui est en fonte, et des tuyaux de conduite, qui sont en cuivre ; on peut donc les briser facilement avec un marteau.

Il n'est pas toujours possible de remplacer ces pièces avec les ressources des gares ; dans tous les cas, et en admettant qu'on puisse installer immédiatement un autre injecteur, il faudra toujours pour cette réparation un outillage et des ouvriers spéciaux : nous n'avons donc pas à nous en occuper ici.

4° *Endommager les cylindres.* — Les parois des cylindres sont en fer forgé très-épais ; il serait difficile de les abîmer sérieusement, mais les plaques de fermeture sont généralement en fonte et maintenues par des boulons et des écrous. On peut enlever les boulons avec une clef anglaise et casser la plaque à coups de marteau ; la machine est alors momentanément hors de service. Pour les remettre en état, il faut de toute nécessité remplacer les plaques, et l'on n'en trouve pas dans toutes les gares.

5° *Percer les tubes à feu.* — Ce moyen est très-expéditif ; il consiste à percer les tubes à feu, qui sont en cuivre,

au moyen d'un burin et d'un marteau. Pour que la dégradation soit sérieuse, il faut nécessairement détériorer un grand nombre de tubes; sans cela rien n'empêche d'utiliser la machine, quoique la surface de chauffe soit forcément diminuée. Lorsqu'un tube à feu est percé, l'eau de la chaudière passe par l'ouverture, remplit le tube, et s'écoule d'un côté dans le foyer, de l'autre dans la boîte à fumée. L'écoulement continue, et la chaudière se vide, jusqu'à ce que le niveau de l'eau soit descendu au-dessous du tube avarié.

Il résulte de là qu'il faut toujours commencer par détruire les tubes *inférieurs;* on doit pratiquer l'ouverture aussi loin que possible dans l'intérieur du tube et du côté du foyer.

Cette dégradation est facile à réparer lorsque le nombre des tubes hors de service n'est pas trop considérable; elle se produit quelquefois naturellement par suite de l'usure des tubes. Le mécanicien en est averti par l'écoulement de l'eau, et il a sous la main tous les moyens nécessaires pour y remédier. On emploie dans ce but des tampons en fer légèrement coniques, d'un diamètre un peu supérieur à celui des tuyaux; le mécanicien place un de ces tampons à chaque extrémité du tube et les enfonce avec un marteau. Dès ce moment, l'eau de la chaudière continue à remplir le tube, mais ne peut plus s'écouler à l'extérieur; en revanche, la flamme du foyer ne passe plus dans le tube, et la surface de chauffe se trouve diminuée. Si les tubes ont été percés en trop grand nombre, il faut renvoyer la chaudière aux ateliers, car les gares ne possèdent pas l'outillage nécessaire pour remplacer les tubes.

6° *Enlever les soupapes de sûreté.* — Il est facile d'enlever les soupapes de sûreté en desserrant l'écrou des balances ; dès lors la vapeur s'échappe au fur et à mesure qu'elle se produit et la pression ne monte pas. On peut remédier provisoirement à cet état de choses en tamponnant fortement l'ouverture de la soupape ; cette opération n'est pas toujours très-facile. Dans des circonstances semblables, il est essentiel que le mécanicien, privé de son appareil de sûreté, surveille attentivement le manomètre.

7° *Détruire les robinets et les tringles.* — Tous ces petits appareils, tels que robinets, purgeurs, tringles de transmission, manomètre, fumivore, sifflet, etc., peuvent être facilement détruits ou faussés avec un marteau ou une pince. Aucun d'eux ne saurait à lui seul paralyser la machine, mais leur mise hors de service simultanée gêne considérablement les manœuvres de la locomotive. On répare d'ailleurs assez facilement ces petites avaries, soit en tamponnant les robinets brisés, soit en redressant les tringles, etc.

Nous pourrions mentionner encore d'autres moyens très-efficaces, parmi lesquels il faut compter l'enlèvement des bielles motrices, mais ces moyens exigent, pour être mis en œuvre, des ouvriers spéciaux et un outillage qu'on ne trouve pas dans toutes les gares : nous les passerons donc sous silence.

Lorsque les nécessités de la guerre ordonnent de pousser plus loin l'œuvre de destruction, il faut briser les aiguilles de la voie, enlever et cacher les leviers, démolir les grues hydrauliques, faire sauter les bassins d'alimen-

tation, incendier les bâtiments de la gare et principalement le dépôt des machines, etc.

Nous avons cru devoir entrer dans quelques détails sur tout ce qui se rattache au matériel roulant, quoique nous sachions très-bien que les réparations et la conduite des machines seront toujours confiées à des hommes spéciaux. Nous estimons, en effet, que, dans certains cas, il peut être utile à un officier de posséder les connaissances pratiques suffisantes pour suppléer à l'absence des employés et agir par lui-même. Supposons, par exemple, qu'un détachement reçoive l'ordre d'exécuter un coup de main sur une gare; que pourra faire le chef de ce détachement, s'il ne possède pas les connaissances dont nous venons de parler? Il occupera les bâtiments d'une manière plus ou moins habile et les conservera plus ou moins longtemps; mais enfin, l'ennemi revenant en force, le détachement devra se retirer et pourra tout au plus incendier les constructions et le matériel avant de battre en retraite. Si l'officier connaît la manœuvre des machines et sait utiliser son temps, il réunira promptement les wagons, en formera un train, y attellera les locomotives, et se dérobera au dernier moment en emmenant tout le matériel.

En outre, et quelle que soit l'organisation future de nos chemins de fer militaires, le commandement devra toujours avoir une action directe sur l'exploitation. Les officiers employés sur la ligne d'étapes, ou même à proximité de l'ennemi, auront évidemment des ordres à donner et une surveillance à exercer sur toutes les branches du service; or il est incontestable que, pour diriger un service, il faut tout au moins le connaître.

De tout ce qui précède, nous concluons que les officiers

de tous grades et de toutes armes doivent posséder des notions générales, claires, mais surtout *pratiques*, sur les chemins de fer considérés comme armes de guerre. Tel est le but que nous avons poursuivi dans ces études ; elles trouveront leur complément naturel dans le Chapitre suivant, destiné à l'examen des différents services.

## CHAPITRE VII.

### ÉTUDE DES DIFFÉRENTS SERVICES.

Comme nous l'avons dit dès le début, les employés de chemins de fer sont rangés en trois grandes catégories, qui constituent chacune un service indépendant, et qui se nomment :

1° *Service de la voie ;*

2° *Service de la traction ;*

3° *Service de l'exploitation.*

Nous allons examiner successivement chacun des services au point de vue militaire, en laissant de côté tout ce qui n'a qu'une importance industrielle ou un rôle purement financier.

#### SERVICE DE LA VOIE.

Le service de la voie comprend : la création, l'entretien, la réfection et la surveillance des lignes ferrées ; il emploie un certain nombre d'agents, principaux ou secondaires, tels que : les ingénieurs en chef, les ingénieurs divisionnaires, les chefs de section, les piqueurs ; et un nombreux personnel d'ouvriers plus ou moins nomades placés sous les ordres immédiats des chefs de pose et des brigadiers de chantier. L'ensemble du service embrasse les lignes ferrées proprement dites, les ouvrages d'art : ponceaux,

ponts, viaducs, tunnels; ainsi que les appareils : plaques tournantes, aiguilles, signaux fixes; les bâtiments d'exploitation : gares, entrepôts; et enfin les habitations des gardes-barrières et des surveillants qui jalonnent le parcours.

*Classification des voies. Circulation des trains.* — Les voies sont simples ou doubles; celles-ci constituent les grandes artères qui mettent en communication les points principaux du territoire; celles-là peuvent être regardées comme les embranchements qui relient les premières. La capitale de la France étant considérée comme l'origine de notre réseau, tous les trains qui *s'éloignent de Paris,* sur une ligne *double,* dans une direction quelconque, *suivent la même voie;* tous ceux qui se rapprochent de Paris suivent l'autre voie.

Chaque train porte un numéro spécial; les numéros *impairs* désignent les trains qui partent de Paris, et les numéros *pairs* ceux qui vont à Paris. Quel que soit le sens de la marche, la voie qui reste libre est toujours *à la droite* du mécanicien qui conduit la machine; il suit de là que les collisions entre deux trains qui se croisent doivent être impossibles sur les lignes à deux voies.

Pour les lignes à voie unique, le parcours des trains est réglé de manière que le croisement ne puisse avoir lieu que dans une gare désignée à l'avance. A cet effet, la voie unique se dédouble en approchant de chaque station et forme deux voies distinctes qui se rejoignent de nouveau à la sortie. Le premier train arrivé à la station y est retenu par le chef de gare, et ne se remet en route que lorsque le train de sens inverse est arrivé; chaque train se gare en prenant au point de croisement la voie qui est

*à sa gauche.* Des règlements, excessivement sévères, interdisent formellement aux mécaniciens de quitter la gare de croisement avant l'arrivée de l'autre train ; si le chef de gare est avisé d'un retard subi par ce dernier train, il remet au mécanicien *un ordre écrit* de continuer sa route, et ne donne le signal du départ qu'après avoir averti par le télégraphe la station suivante, et avoir reçu la réponse. Cette disposition s'applique à toutes les stations que le train rencontre successivement sur son parcours. En résumé, le mécanicien qui reçoit l'ordre de dépasser une gare, sans attendre l'arrivée de tous les trains de sens inverse qu'il devait croiser avant d'arriver à cette gare, doit, à partir de ce moment et *jusqu'à ce qu'il ait croisé tous les trains en retard,* s'arrêter à chaque gare pour y prendre l'ordre écrit de continuer jusqu'à la gare suivante.

Nous avons dit, en étudiant les signaux et la conduite des machines, quelles sont les mesures à prendre pour éviter les rencontres dans tous les autres cas ; il est donc inutile d'y revenir ici.

*Désignation des voies.* — Afin d'éviter la confusion qui pourrait se produire dans la transmission des ordres de marche, principalement aux abords des gares importantes, on a divisé les voies en trois catégories :

1° *Voies principales,* sur lesquelles les trains circulent pour se rendre d'une gare à une autre.

2° *Voies d'évitement,* qui forment double voie sur les lignes à voie unique pour le croisement des trains dans les gares ;

3° *Voies accessoires,* comprenant les voies de garage, les voies de manœuvre et les voies de service en général.

La voie principale parcourue par les trains portant des numéros impairs (ceux qui partent de Paris) s'appelle *voie* **1**.

La voie principale parcourue par les trains portant des numéros pairs (ceux qui vont à Paris) s'appelle *voie* **2**.

Les voies accessoires, en dehors des voies principales, et qui sont placées à l'extérieur de la voie **1**, s'appellent *voie* **3**, *voie* **5**, *voie* **7**, etc.

Les voies accessoires, en dehors des voies principales, et qui sont placées à l'extérieur de la voie **2**, s'appellent *voie* **4**, *voie* **6**, *voie* **8**, etc.

Les voies accessoires comprises entre les voies principales **1** et **2**, ou voies du milieu, s'appellent, pour éviter des répétitions de numéro : *voie* **A**, *voie* **B**, *voie* **C**, etc., en partant de la voie **1** et allant vers la voie **2**.

Les communications entre deux voies sont naturellement désignées par les numéros des voies qu'elles relient; on dit, par exemple : la communication **A-2**.

Au moyen de cette nomenclature, il est facile de se retrouver; le chef de gare, qui a sous les yeux le plan de sa station, peut indiquer aux wagons vides ou chargés qui attendent leur heure de départ, aux machines haut-le-pied qui manœuvrent, aux trains de toute nature, l'emplacement sur lequel ils doivent se rendre et l'espace qui leur est réservé. Sans cette précaution il y aurait, surtout en temps de guerre et dans les gares de croisement, une confusion inextricable et, par suite, des retards et des accidents fâcheux.

Telle est l'organisation adoptée dans nos grandes Compagnies.

*Organisation militaire du service de la voie.* — Cette

organisation devra-t-elle être modifiée en temps de guerre? L'armée pourra-t-elle suffire à assurer le service de la voie avec ses propres ressources? Nous observerons d'abord que les troupes de toutes armes ne sauraient être distraites, en permanence, de leur destination naturelle pour une semblable mission, quelque importante qu'elle soit; on pourra sans doute employer à ce service des fantassins, des cavaliers, au besoin même des artilleurs, mais seulement dans des cas particuliers, d'une manière toute provisoire, et quand on sera dans l'impossibilité de faire autrement. Dans tous les cas, les employés supérieurs, ingénieurs et chefs de section, devront être demandés autant que possible à nos grandes Compagnies nationales; ils seront placés naturellement sous la haute direction des commandants d'étapes et des commissions militaires des chemins de fer, pour l'ensemble du service et l'unité de direction; mais toute latitude leur sera laissée quant aux voies et moyens et à la confection des travaux. Quelques officiers supérieurs du génie pourront sans doute rendre des services sur les têtes de ligne, à proximité de l'ennemi; mais nous sommes profondément convaincu que les ressources de l'armée resteront insuffisantes, dans l'avenir comme dans le passé, pour assurer complétement la construction, la réparation et l'entretien des voies ferrées.

Les troupes de toutes armes seront de préférence temporairement utilisées pour l'exécution des travaux les plus urgents et les plus simples, surtout à proximité de l'ennemi. Dans cette hypothèse, les officiers doivent être capables de diriger leurs soldats d'après les indications générales fournies par les hommes spéciaux; mais, ici encore, nous croyons que l'élément civil devra toujours

être largement utilisé. Il remplacera avantageusement l'armée, pour les travaux de quelque importance, en arrière des troupes actives, et l'emploi de celles-ci nous paraît mieux et plus utilement indiqué ailleurs.

Dans les circonstances habituelles de la guerre, on ne doit pas hésiter à procéder par voie de contrainte et de réquisition, quitte à rétribuer convenablement les habitants du pays, employés pour les besoins de l'armée. On peut alors se contenter de faire diriger et surveiller les auxiliaires par les troupes du génie ou les détachements qui gardent la ligne d'étapes; pour cette raison encore, il est indispensable que les officiers de toutes armes possèdent des connaissances pratiques suffisantes. On est ainsi à peu près sûr de trouver partout des terrassiers en nombre suffisant; mais il ne faut pas espérer qu'il en sera de même pour les ouvriers en bois ou en fer, les maçons, etc.; il faut donc prévoir cette difficulté et s'en garantir d'avance par une bonne méthode d'organisation et de recrutement.

Nous avons dit que nous ne voulions préjuger en rien cette grave question; il nous suffira d'indiquer d'une manière générale comment nous comprenons l'organisation des futures Compagnies franches des chemins de fer, et la mise en œuvre rationnelle de l'élément civil. Des cadres nombreux, composés d'ingénieurs encore soumis de par la loi au service militaire, ou même spécialement appelés et requis par l'État; ces ingénieurs recevraient naturellement une commission régulière et seraient assimilés, pour la durée des hostilités, aux officiers des différents grades. Ils auraient sous leurs ordres des sous-officiers et caporaux, choisis parmi les ouvriers spéciaux encore liés au service, mais versés dans la réserve et dans

l'armée territoriale et employés, autant que possible, dans nos grandes Compagnies de chemins de fer, ou dans les grandes usines nationales et étrangères. Ces cadres inférieurs rempliraient les fonctions de contre-maîtres dans les constructions de toute nature, et celles de chefs de chantier sur les voies en réparation ou nouvellement tracées. On leur confierait également la direction et la surveillance des ateliers de terrassement installés par voie de réquisition ou autre. Les moins intelligents des ouvriers d'art constitueraient des escouades de charpentiers, de serruriers, de maçons, etc., qui seraient chargées d'exécuter les travaux importants sur les derrières des armées en campagne.

Pour constituer ce corps auxiliaire, pour lui donner une organisation solide et un outillage convenable, il faut les loisirs et les ressources de la paix. L'expérience de la dernière guerre nous aura sans doute prouvé qu'il est dangereux de ne pas se ménager d'avance le personnel et le matériel dont on aura sûrement besoin un jour; or nos régiments du génie sont complétement insuffisants à réparer et exploiter les voies ferrées d'un territoire envahi. Nous avons dit ailleurs quelle nous semblait être leur mission; ces troupes font partie de l'armée active, leur place est donc naturellement marquée *sur les têtes de ligne, à proximité de l'ennemi,* dans l'intérieur et autour des forteresses assiégées. La double éducation scientifique et militaire des officiers du génie les rend essentiellement propres à ce rôle mixte d'ingénieur combattant que nous réclamons pour eux, et que nous voudrions leur laisser. Les opérations qui s'exécutent sur les derrières des armées nous paraissent plutôt du ressort de l'état-major général

quant à la transmission des ordres, et de l'élément civil quant à la direction de l'exploitation et des différents travaux.

### SERVICE DE LA TRACTION.

Le service de la traction est placé sous les ordres de l'ingénieur en chef de la traction, secondé par les ingénieurs ordinaires. Au-dessous viennent les chefs de dépôt, puis les mécaniciens et enfin les chauffeurs. Comme son nom l'indique, le service de la traction comprend tout le matériel roulant qui sert à l'exploitation, c'est-à-dire les locomotives et les wagons; on y rattache également les dépôts des machines, les ateliers de réparation annexés à ces dépôts et les grues fixes pour manœuvrer le matériel. Certaines Compagnies ont encore des centres ouvriers très-importants pour effectuer elles-mêmes leurs réparations et construire du matériel neuf : tels sont les ateliers de la Compagnie Paris-Lyon à Paris, de la Compagnie de l'Ouest aux Batignolles, etc.

*Devoirs de chaque catégorie d'employés.* — Dans cette étude nous laisserons de côté les ingénieurs, qui devront toujours être pris parmi les hommes spéciaux, et nous arriverons de suite aux chefs de dépôt. Ces employés sortent généralement des mécaniciens; ils sont chargés de visiter les machines qui partent ou qui arrivent, et celles qui sont mises ou remises en service; ils commandent les mécaniciens et les chauffeurs pour conduire à tour de rôle les machines d'après le tableau de mouvement, établi par l'autorité supérieure; ils surveillent les réparations exécutées dans leurs ateliers, etc. Dans les pays occupés, ces fonctions pourront être souvent confiées à des officiers ou

à des sous-officiers possédant les connaissances nécessaires et appartenant soit à l'armée territoriale, soit à la réserve. Dans le cas où l'on serait obligé de recourir à des employés civils, il faudrait, soit leur constituer une assimilation dans la hiérarchie militaire, soit placer à côté ou au-dessus d'eux un officier, investi d'une autorité suffisante pour assurer le fonctionnement régulier de cette branche importante du service.

Les mécaniciens sont chargés de l'entretien et de la conduite de leur machine et du tender pendant la marche ; pour les tours de service, le parcours, les heures de départ et d'arrivée, ils sont aux ordres des *chefs de dépôt ;* dans les gares, les mécaniciens sont aux ordres des *chefs de gare,* ou de leurs délégués ; sur la ligne, ils sont aux ordres des *conducteurs-chefs* pour tout ce qui ne concerne pas la mise en œuvre de leur machine. Une cloche fixée sur le tender est mise en communication au moyen d'une corde avec le fourgon de tête dans lequel se tient le chef de train. Le convoi ne doit jamais quitter une gare que sur le signal donné par le chef de gare au chef de train, au moyen d'un sifflet, et transmis par le chef de train au mécanicien au moyen de la cloche.

Chaque mouvement de la machine est annoncé par un coup de sifflet bref ; le même signal prescrit aux conducteurs de desserrer les freins ; un coup de sifflet prolongé commande l'attention ; deux coups de sifflet brefs ordonnent de serrer les freins jusqu'à frottement ; plusieurs coups prescrivent de les serrer jusqu'au refus. Pendant la marche, le mécanicien doit surveiller constamment toutes les parties de la machine et notamment le niveau d'eau de la chaudière, la tension de la vapeur, le feu du foyer

et les appareils d'alimentation. Il veille à ce que rien n'embarrasse la marche du frein; il ne doit sous aucun prétexte peser sur le levier des balances pour dépasser la pression normale. La marche de la machine doit autant que possible être régulière; il est interdit aux mécaniciens d'arriver aux gares avant les heures fixées par les tableaux de marche; ils doivent user de tous les moyens en leur pouvoir pour ne pas arriver après les mêmes heures, sans cependant dépasser *de plus de moitié* la vitesse indiquée par les mêmes tableaux. Aux abords des points où les trains doivent franchir des aiguilles se présentant par la pointe, les mécaniciens prennent leurs mesures pour s'arrêter si la voie utile n'est pas bien donnée. Nous avons dit que la position du disque fournissait cette indication pendant le jour; pendant la nuit on y supplée au moyen de feux fixes de différentes couleurs. Lorsque le mécanicien s'aperçoit que l'aiguille n'est pas faite pour la direction qu'il doit prendre, il s'arrête et prévient l'aiguilleur au moyen du sifflet. Quand deux machines sont attelées à un train, c'est le mécanicien *placé en tête* qui donne les indications, qui siffle et qui règle la marche; il ouvre son régulateur *le dernier* et le ferme *le premier*. Enfin, dans toutes les circonstances, le mécanicien doit une obéissance immédiate et passive aux signaux. Nous avons indiqué, dans le Chapitre qui traite de la conduite des machines, quels sont les obligations et les devoirs des mécaniciens en cas d'accident : nous n'aurons donc pas besoin d'y revenir ici.

Les chauffeurs sont placés sous les ordres directs des mécaniciens; ils les secondent et parfois les suppléent dans les différentes parties du service.

Pendant la marche, les chauffeurs sont plus spécialement chargés de l'entretien du foyer, de la manœuvre de l'injecteur et du frein ; ils remplacent le mécanicien près du régulateur, lorsque pour une raison quelconque le mécanicien quitte la plate-forme de la locomotive.

Lorsque les chauffeurs ont acquis une expérience suffisante, ils passent mécaniciens ; mais ils font toujours un stage et se perfectionnent dans leur art en exécutant en gare les manœuvres élémentaires avant de conduire les trains. Les chauffeurs dont l'instruction est reconnue suffisante sont autorisés à manœuvrer les machines, d'abord dans les gares, puis en pleine ligne. Si pendant la marche il survient un accident au mécanicien, le chauffeur doit fermer le régulateur et faire serrer les freins ; lorsque le train est arrêté, le chauffeur se concerte avec le chef de train sur les mesures à prendre. Si le chauffeur est autorisé à conduire les machines, il prend la direction de la manœuvre et il lui est adjoint un employé quelconque pour le seconder ; s'il n'est pas autorisé, le chef de train prend toutes les mesures réglementaires pour couvrir son convoi, et réclame des secours ainsi que nous l'avons expliqué.

*Organisation militaire du service de la traction.* — En temps de guerre, le service de la traction restera sans doute organisé tel qu'il est ; le gouvernement n'abdique pas pour cela le droit d'employer, au service de l'armée, les chauffeurs et mécaniciens qui appartiennent, soit à la réserve, soit à l'armée territoriale. Il y a donc lieu de tenir des contrôles spéciaux, afin de connaître exactement au moment des hostilités le nombre et l'espèce des employés sur lesquels on peut compter. Ces hommes ne seront pas

effectivement incorporés dans les compagnies franches de chemins de fer ; mais ils seront avisés qu'au premier signal ils devront se rendre au point qu'on leur désignera, pour se mettre à la disposition du gouvernement. En conséquence, les compagnies de chemins de fer, qui connaissent la position de leurs employés et peuvent prévoir le déficit qui se produira dans leurs cadres en temps de guerre, auront à instruire d'avance et à préparer les chauffeurs nécessaires au remplacement des mécaniciens. C'est une difficulté qui ne nous paraît pas insurmontable ; on sait, en effet, que tout le matériel, wagons et locomotives, devra être fourni par les Compagnies, et nous sommes persuadés que ces puissantes associations ont une vitalité assez énergique, des cadres assez élastiques, des ressources assez grandes, pour satisfaire à toutes les nécessités de l'avenir. Il coule de source que les chefs de dépôt, chauffeurs, mécaniciens et ouvriers spéciaux, employés sur les tronçons de voie les plus exposés, en pays ennemi, devront être choisis précisément parmi les hommes de ces différentes catégories qui sont encore liés au service militaire.

### SERVICE DE L'EXPLOITATION.

Le service de l'exploitation est dirigé par les inspecteurs, qui ont sous leurs ordres les chefs et sous-chefs de gare, les conducteurs-chefs, les conducteurs chargés de la manœuvre des freins, les contrôleurs qui surveillent l'exécution des règlements dans les trains, enfin un grand nombre de percepteurs, facteurs, aiguilleurs, graisseurs et hommes d'équipe.

Quelques-uns de ces employés ont des attributions multiples, qui embrassent d'une part la comptabilité des Compagnies, de l'autre l'exploitation proprement dite de la ligne. Ces dernières attributions sont évidemment les seules dont nous ayons à nous occuper au point de vue militaire ; nous étudierons donc le rôle de chaque catégorie d'employés en ce qui se rattache seulement au service général de la ligne.

*Devoirs de chaque catégorie d'employés.* — Les chefs de gare dirigent, dans son ensemble et dans ses détails, tout le service des gares, comprenant : la police et le mouvement des voyageurs, des bagages et du matériel de toute espèce, la surveillance des bâtiments et des voies, la formation et la décomposition des trains, leur circulation et leurs manœuvres dans l'enceinte des gares, l'envoi des machines de secours, la correspondance télégraphique, etc. Ils sont personnellement et directement responsables de tous les faits de leur service. Les sous-chefs de gare secondent et suppléent au besoin les chefs de gare dans leurs différentes occupations ; les uns et les autres ont autorité sur les employés des trains, conducteurs et mécaniciens, pendant toute la durée du séjour de ces agents dans les gares.

Les chefs de gare visitent tous les trains qui entrent en gare pour s'assurer : que les attelages sont complets et bien disposés, que la communication réglementaire est établie entre le fourgon de tête et le tender, que les signaux d'avant et d'arrière sont en place et allumés en temps utile, que le chargement des wagons est bien fait, etc. Ils donnent le signal du départ au moyen d'un sifflet ; ils veillent à la stricte exécution des mesures qui doivent as-

surer la sécurité du train pendant son séjour en gare. A cet effet, ils donnent les ordres pour débarrasser la voie *en avant* du train et pour la couvrir *en arrière* au moyen des signaux d'arrêt, disques, sémaphores, etc. Ces signaux doivent rester en place pendant dix minutes *après le départ* des trains. Sur les lignes à voie unique, les chefs de gare prescrivent eux-mêmes toutes les manœuvres nécessaires pour le garage ; ils remettent par écrit au mécanicien les ordres nécessaires, en dehors de ceux qui sont prévus par le tableau de marche des trains. Nous en avons cité quelques exemples en étudiant le service de la voie et la conduite des machines. Au départ et à l'arrivée des trains, les chefs de gare font exécuter par les employés sous leurs ordres les manœuvres nécessaires; ils font atteler et dételer les locomotives, réunir les wagons, etc.

Chaque train est accompagné d'autant de conducteurs qu'il est nécessaire pour la manœuvre des freins; l'un de ces employés, sous le titre de *conducteur-chef*, a autorité sur les autres. En dehors des gares, et dans des cas spéciaux parfaitement prévus, le conducteur-chef a la responsabilité et l'initiative des mesures concernant les mouvements du train; il donne des ordres directement au mécanicien, et celui-ci est tenu de s'y conformer. Les conducteurs sont chargés de la manœuvre des freins et du service des marchandises; ils doivent être attentifs aux signaux du mécanicien, et au besoin même serrer les freins sans attendre le signal. Ils suppléent les chefs de gare en cas d'absence de ces derniers, et font placer eux-mêmes les signaux qui doivent couvrir le train pendant les arrêts, en gare ou en pleine ligne ; à cet effet, ils sont

toujours munis des appareils nécessaires, drapeaux, lanternes, pétards, etc. Nous avons déjà dit quelles sont les mesures à prendre en cas d'accident pendant la marche; l'exécution en est généralement confiée aux conducteurs, qui placent eux-mêmes les signaux et préviennent les agents de la voie de l'accident survenu et des mesures prises. Lorsque le train rencontre à l'improviste un signal d'arrêt ou de ralentissement, le mécanicien doit employer tous les moyens qui sont en son pouvoir pour arrêter le train avant d'atteindre le signal. Le conducteur-chef s'informe alors des causes pour lesquelles l'arrêt a été ordonné et se dirige en conséquence. Lorsque rien ne vient éclairer le conducteur-chef sur la présence du signal, lorsque la voie est libre, le conducteur-chef monte sur la machine pour surveiller la voie et régler lui-même la marche; il transmet directement ses ordres au mécanicien, qui doit s'y conformer strictement. Lorsque certaines parties de la voie exigent des précautions spéciales, on les fait surveiller par un employé qui reçoit le nom de *pilote*. Le conducteur-chef ne doit laisser le train s'engager sur ces portions de voie qu'après avoir communiqué avec le pilote, qui lui donne les instructions; au besoin, le pilote à pied précède la machine, et la guide jusqu'à ce que la voie ne présente plus aucun danger.

*Organisation militaire du service de l'exploitation.* — Le service de l'exploitation est peut-être le plus difficile à organiser; c'est celui qui nous a fait principalement défaut pendant la dernière guerre. Les Compagnies de chemins de fer ont mis à la disposition du gouvernement un matériel immense, un personnel nombreux et très-dévoué; malheureusement la direction supérieure n'était pas cen-

tralisée par des hommes compétents, et les détails infinis de l'exploitation n'étaient pas *étudiés d'avance*. Il en est résulté une confusion fâcheuse, des encombrements, des ordres inexécutables et des retards qui ont produit, dans certaines circonstances, les plus tristes résultats. Cette branche des chemins de fer devra donc recevoir, dans l'avenir, une organisation spéciale; car en admettant même que le personnel actuel des Compagnies puisse suffire en territoire national, il faudra toujours placer dans les gares importantes un officier chargé d'appuyer le chef de gare et de faire observer rigoureusement les *mesures de discipline* sans lesquelles tout service régulier est impossible. Il faudra pourvoir, en outre, à l'exploitation des voies ferrées en territoire ennemi, et là il est clair que l'élément militaire sera employé dans une large mesure. Tous les officiers peuvent être appelés à remplir temporairement les fonctions de chefs ou de sous-chefs de gare : il est donc très-désirable qu'ils en connaissent d'avance le service. Remarquons d'ailleurs que le personnel des gares ne suffit pas, en territoire ennemi, pour garantir l'exactitude de l'arrivée ou du départ des trains, et en même temps la sécurité de l'exploitation. Il faut que les stations soient militairement occupées, et que le parcours de la ligne soit protégé contre les tentatives de l'ennemi; cette tâche incombe naturellement aux officiers de l'armée, qui deviennent ainsi les auxiliaires indispensables de l'exploitation. Ils s'acquitteront d'autant mieux de leur mission qu'ils auront une connaissance plus complète du service; à ce titre, l'étude précédente ne sera peut-être pas inutile.

*Trains de troupes.* — Nous aurions voulu donner

quelques règles précises sur la composition et la formation des trains de troupes ou de matériel, qui constituent une des attributions les plus importantes des chefs de gare ; sur l'embarquement des hommes et des chevaux, qui incombe plus particulièrement aux officiers de troupe ; mais, pour ces diverses questions, le règlement est muet, ou bien les prescriptions écrites sont tombées peu à peu en désuétude.

Il y a tout un règlement à créer sur la matière, et il ne nous appartient pas d'anticiper sur les décisions à intervenir ; nous pouvons prévoir, cependant, que les chiffres actuels, comme nombre de wagons, effectif des hommes, poids total, etc., seront beaucoup modifiés ; il est certain, en effet, que les chemins de fer sont aptes à rendre plus de services qu'on ne leur en a demandé jusqu'ici. Nous n'en citerons qu'un seul exemple : l'article 48 du règlement en vigueur sur les lignes de la Compagnie Paris-Lyon-Méditerranée porte que les trains de transport des troupes doivent avoir 35 voitures au maximum. Il est facile de démontrer que ce chiffre peut être porté sans inconvénient à 60 ou 65 voitures ; si nous comptons, en effet, 40 hommes par voiture, nous arrivons à un total de 2400 hommes, qui ensemble ne pèsent guère que 192 tonnes ; joignons à cela les bagages de campagne et les chevaux des officiers, joignons-y encore deux jours de vivres pour le détachement, nous arriverons peut-être à un total de 205 à 210 tonnes. Ce chiffre n'a rien d'exagéré ; nous savons déjà que les locomotives ordinaires remorquent facilement 250 tonnes sur les voies horizontales ou à faibles pentes ; dans les endroits où existent des pentes plus roides, on trouve généralement des machines Engerth

ou des machines-tenders qui traînent, au besoin, une charge deux fois plus forte.

Il est donc à peu près certain que, dans l'avenir, on pourra confier à chaque locomotive une charge bien au-dessus du taux réglementaire actuel. Ainsi, pendant la concentration des troupes, en 1870, les trains qui partaient du camp de Châlons emportaient généralement un bataillon et demi d'infanterie, soit environ 850 hommes; la même machine aurait suffi à remorquer, d'un seul coup, le régiment tout entier. Ce que nous venons de dire s'applique également à la cavalerie et à l'artillerie; en résumé, le total des hommes ou du matériel de chaque train militaire pourra sans inconvénient être doublé.

*Trains de munitions.* — Nous terminerons cette étude sommaire en exposant brièvement les règles générales qui président au transport des munitions de guerre et à la répartition des wagons à frein dans un convoi. Ces prescriptions sont le résultat d'une longue expérience et se trouveront sans doute reproduites, presque sans altération, dans le futur règlement: nous pouvons donc les indiquer dès aujourd'hui.

Les convois de poudre ne reçoivent pas de voyageurs; on ne doit admettre dans le train que le personnel strictement indispensable à la surveillance et à la conduite. Les poudres sont enfermées sous une double enveloppe, et chargées sur des wagons couverts, fermés, à panneaux pleins, munis de ressorts de choc et attelés au contact. Les barils de poudre sont placés *couchés* dans les wagons et non debout; ils reposent sur un prélart imperméable destiné à prévenir le tamisage sur la voie. Autant que possible, on ne doit admettre que dix wagons chargés de

poudre dans un train, et le poids total est limité, fûts compris, à 5000 kilogrammes par wagon.

Les voitures chargées de poudre sont placées au milieu du convoi, trois wagons au moins après la machine et trois wagons au moins avant la dernière voiture du train; le reste du convoi est complété avec des wagons de matériel et d'approvisionnements, jamais avec des wagons de troupes ou de chevaux.

Les trains chargés de poudres sont munis d'une escorte: deux gendarmes ou deux soldats et un caporal suffisent; ils montent avec les conducteurs du train dans les fourgons spéciaux, mais non sur les wagons chargés de poudre. Ces hommes ne doivent jamais perdre de vue les munitions qu'ils escortent; pendant les arrêts du train, ils doivent veiller attentivement et tenir à distance tous les étrangers.

Il est absolument interdit de charger, décharger ou manipuler les poudres pendant la nuit, parce que les ouvriers se servent de lanternes et peuvent déterminer une explosion. Pour une raison analogue, il est formellement interdit aux conducteurs de faire usage des freins, soit pour arrêter, soit pour ralentir le convoi; le mécanicien, qui connaît cette prescription, doit prendre ses précautions en temps opportun.

Dans chaque train de troupes ou de matériel, on intercale un certain nombre de wagons à frein, montés chacun par un employé spécial; le nombre de ces wagons doit varier suivant la rapidité de la marche, la déclivité des pentes, le chiffre des voitures, etc.

Le minimum est, dans tous les cas, de deux voitures à frein sans compter le tender; dans certains trains express,

il y a un frein pour six véhicules, toujours sans compter le frein qui est porté par le tender. On doit charger autant que possible les wagons munis d'un frein, dans le but d'augmenter leur adhérence sur les rails et de rendre leur action modératrice plus efficace ; on répartit ces voitures sur la longueur du train, et l'on a soin d'en placer une à la queue du convoi, si la chose est praticable.

---

## CONCLUSIONS.

Nous ne terminerons pas ce Manuel sans conseiller encore une fois aux officiers de passer quelques heures dans une gare, et de voir, par eux-mêmes, sur les machines, tous les appareils dont nous avons essayé de donner la description et l'emploi. C'est une étude fort intéressante et qui peut trouver de nombreuses applications en temps de guerre.

FIN.

# PUBLICATIONS

DE LA

# RÉUNION DES OFFICIERS.

---

## MÉLANGES MILITAIRES.

### PREMIÈRE SÉRIE.

I. — **L'armée anglaise en 1871, au point de vue de l'offensive et de la défensive.** — Brochure in-12 ..... 25 c.

II. — **Organisation de l'armée suédoise. — Projet de réforme.** — Brochure in-12 ..... 25 c.

III-IV. — **Mode d'attaque de l'infanterie prussienne dans la campagne de 1870-1871,** par le duc GUILLAUME DE WURTEMBERG, traduit de l'allemand par M. CONCHARD-VERMEIL, lieutenant au 124e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 50 c.

V. — **De la dynamite et de ses applications pendant le siége de Paris.** — Brochure in-12 ..... 25 c.

VI. — **Quelques idées sur le recrutement,** par G. B. — Brochure in-12..... ..... 25 c.

VII. — **Étude sur les reconnaissances,** par le commandant PIERRON. — Brochure in-12..... 25 c.

VIII-IX-X. — **Étude théorique sur l'organisation d'un corps d'éclaireurs à cheval,** par H. DE LA F.—Brochure in-12. 75 c.

XI-XII-XIII. — **Étude sur la défense de l'Allemagne occidentale, et en particulier de l'Alsace-Lorraine,** traduit de l'allemand. — Brochure in-12..... 75 c.

XIV. — **L'armée danoise. — Organisation. — Recrutement. — Instruction. — Effectif.** — Brochure in-12..... 25 c.

XV-XVI-XVII. — **Les places fortes du N.-E. de la France, et Essai de défense de la nouvelle frontière.** — Brochure in-12..... 75 c.

XVIII-XIX. — **Considérations théoriques et expérimentales au sujet de la détermination du calibre dans les armes portatives,** par J. L., capitaine d'artillerie. — Brochure in-12..... 50 c.

XX. — **Des bibliothèques militaires,** de l'établissement d'un catalogue et de la tenue des principaux registres. — Brochure in-12..... 25 c.

XXI-XXII-XXIII-XXIV. — **L'artillerie au siége de Strasbourg en 1870.** — Notes recueillies par un officier de l'artillerie suisse, traduit de l'allemand par P. LARZILLIÈRE, capitaine d'artillerie. — Brochure in-12 avec plan..... 1 fr.

XXV-XXVI. — **L'artillerie de campagne des grandes puissances européennes et les canons rayés,** traduit de l'allemand par MÉERT, capitaine d'artillerie.—Brochure in-12. 50 c.

XXVII. — **Des canons et fusils à vapeur,** par J. L., capitaine d'artillerie. — Brochure in-12..... 25 c.

XXVIII-XXIX. — **La cavalerie de réserve sur le champ de bataille,** d'après l'italien, par FOUCRIÈRE, officier au 81e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 50 c.

XXX. — **De la répartition de l'armée sur le territoire.** — Brochure in-12..... 25 c.

XXXI-XXXII. — **Le télémètre du capitaine Nolan.** — Appareil à mesurer les distances.—Broch. in-12 avec planche. 50 c.

XXXIII. — **La bataille de Spicheren,** envisagée au point de vue stratégique, traduit de l'allemand par WEIL. — Brochure in-12..... 25 c.

XXXIV. — **De l'équitation dans les régiments de cavalerie en Prusse,** par H. DE LA F. — Brochure in-12..... 25 c.

XXXV. — **L'armée prussienne en Alsace pendant l'hiver dernier.** — Notes recueillies par C. SANDHERR, lieutenant de chasseurs à pied. — Brochure in-12..... 25 c.

XXXVI-XXXVII. — **De la justesse du tir des bouches à feu**

**et des armes portatives**, par M. J. LEFÈVRE, capitaine d'artillerie. — Brochure in-12..... 50 c.

XXXVIII. — **Des métaux employés dans la fabrication des canons anglais**, par J. L., capitaine d'artillerie. — Brochure in-12..... 25 c.

XXXIX-XL. — **Instruction théorique et pratique de l'infanterie**, par E. UFFLER, capitaine au 93e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 50 c.

XLI-XLII. — **L'exploitation des chemins de fer français par les armées allemandes**, d'après les documents officiels allemands, par M. MARTNER, capitaine d'état-major. — Brochure in-12 avec carte..... 50 c.

XLIII-XLIV. — **Idées sur l'attaque des places fortes.** — Conférence faite à Berlin par le général-major prince DE HOHENLOHE-INGELFINGEN, d'après l'allemand, par A. KLIPFFEL, capitaine du génie. — Brochure in-12..... 50 c.

XLV-XLVI. — **De l'instruction pratique de la compagnie d'infanterie.** — Brochure in-12..... 50 c.

XLVII-XLVIII-XLIX-L. — **Considérations sur la guerre des places fortes, 1870-1871**, traduit de l'allemand par COUTURIER, lieutenant au 55e régiment de ligne. — Brochure in-12.. 1 fr.

LI-LII. — **Étude sur les peines disciplinaires en campagne**, par G. D., officier d'état-major. — Brochure in-12..... 50 c.

LIII-LIV. — **Historique des remontes depuis les Romains**, suivi d'un projet d'organisation d'une landwehr hippique par L. L., sous-intendant militaire. — Brochure in-12..... 50 c.

LV. — **Le télémètre de campagne du colonel russe Stubendorf.** — Brochure in-12 avec planche..... 25 c.

LVI-LVII-LVIII. — **Étude sur le service des étapes** d'après les renseignements personnels recueillis pendant la guerre de 1870-1871, par un officier de l'inspection générale bavaroise des étapes, traduit de l'allemand par COUTURIER, lieutenant au 55e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 75 c.

LIX-LX. — **Aperçu de géographie militaire sur le littoral de la Confédération de l'Allemagne du Nord**, et étude des mesures de défense prises par les Allemands pendant la guerre

de 1870-1871 contre un débarquement de troupes françaises, par DUBOIS, capitaine du génie. — Brochure in-12..... 50 c.

LXI-LXII. — **Étude et enseignement de la statistique militaire**, par CHANOINE, chef d'escadron d'état-major. — Brochure in-12..... 50 c.

LXIII. — **Comparaison entre le canon de campagne et la mitrailleuse**, par E. KLUTSCHACK, traduit de l'allemand par DE LA ROQUE, capitaine d'artillerie. — Brochure in-12.. 25 c.

LXIV-LXV-LXVI. — **Mémoire sur les fusils se chargeant par la culasse** employés dans les armées de Prusse, de France et d'Angleterre, par le capitaine MERVIN DRAKE, instructeur de tir, traduit de l'anglais par M. DE PINA, capitaine de frégate. — Brochure in-12..... 75 c.

LXVII-LXVIII-LXIX. — **Mémoire sur la nécessité de créer des écoles de sous-officiers**, par M. DE LALOBBE, colonel d'état-major. — Brochure in-12..... 75 c.

LXX. — **De l'armement de l'artillerie de campagne**, traduit de l'allemand par D'ASTIER DE LA VIGERIE, capitaine d'artillerie. — Brochure in-12..... 25 c.

LXXI-LXXII-LXXIII. — **Les manœuvres de la garde prussienne en 1872**, par M. WEIL. — Brochure in-12..... 75 c.

LXXIV. — **Simplifications et modifications au titre VI du règlement sur les manœuvres de l'infanterie**, par M. D'USSEL, capitaine au 27e bataillon de chasseurs. — Brochure in-12..... 25 c.

LXXV-LXXVI. — **Notes sur l'emploi du temps des troupes prussiennes**, suivi de quelques considérations générales sur l'armée française, par M. DALLY, capitaine au 102e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 50 c.

LXXVII-LXXVIII-LXXIX. — **Mémoire sur l'organisation des bureaux des états-majors et des secrétaires des états-majors**, par M. WARNET, lieutenant-colonel d'état-major. — Brochure in-12..... 75 c.

LXXX. — **Des modifications à introduire dans le règlement des manœuvres d'infanterie**, par M. HERBINGER, capitaine au 101e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 25 c.

LXXXI-LXXXII. — **Loi du mouvement d'un projectile dans l'intérieur du canon**, par J. LEFÈVRE, capitaine d'artillerie. — Brochure in-12..... 50 c.

LXXXIII. — **De l'organisation de l'artillerie. Séparation en artillerie de campagne et en artillerie de forteresse**, traduit de l'allemand par M. VICEL, lieutenant de vaisseau. — Brochure in-12..... 25 c.

LXXXIV-LXXXV. — **La vérité sur l'unification des différents services de transport**, par M. BARATIER, sous-intendant militaire. — Brochure in-12..... 50 c.

LXXXVI. — **Physionomie du combat d'infanterie**, extrait des *Taktische Folgerungen aus dem Kriege* 1870-1871, par VON BOGUSLAWSKI, traduit par COUTURIER, lieutenant au 55e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 25 c.

LXXXVII. — **Causes de la décadence et de la grandeur de la Prusse. — Avantages de la décentralisation dans l'administration**, par L. LÈQUES, sous-intendant militaire. — Brochure in-11..... 25 c.

LXXXVIII-LXXXIX. — **Le pas de l'infanterie**, par M. KLIPFFEL, capitaine du génie. — Brochure in-12..... 50 c.

XC-XCI. — **De l'importance des transports aux armées**, par M. PARIZOT, major au 3e régiment du train des équipages. — Brochure in-12..... 50 c.

XCII-XCIII-XCIV. — **Des causes et du mécanisme des accidents occasionnés par le maniement du fusil Chassepot**, par M. TREILLE, médecin-major au 3e spahis. — Brochure in-12..... 75 c.

XCV. — **De l'armée territoriale et des corps spéciaux de cavaliers éclaireurs**, par M. WEIL. — Brochure in-12. 25 c.

XCVI. — **De quelques nouveaux composés explosibles et incendiaires**, traduit de l'italien par M. DE LORT-SÉRIGNAN, lieutenant au 124e régiment de ligne. — Brochure in-12. 25 c.

XCVII. — **Des nouveaux chemins de fer de l'Alsace-Lorraine**, par M. MARTNER, capitaine d'état-major. — Brochure in-12..... 25 c.

XCVIII-XCIX-C. — **De la défense générale de l'Italie,** extrait du Rapport officiel de la Commission royale italienne, par M. Méert, capitaine d'artillerie. — Brochure in-12 avec carte..... 75 c.

## MÉLANGES MILITAIRES.

### DEUXIÈME SÉRIE.

I. — **Analyse du règlement du 20 juin 1872 sur le service des étapes en Prusse,** par M. Weil. — Broch. in-12. 25 c.

II. — **Des télégraphes et de leurs applications militaires,** analyse du Cours fait à l'Académie d'état-major de Saint-Pétersbourg, par le général-major Rechnevski. — Brochure in-12..... 25 c.

III. — **Les mess d'officiers en Angleterre,** par M. de Wengi, capitaine au 17e régiment de ligne. — Brochure in-12.. 25 c.

IV-V. — **Rôle et tactique de la cavalerie,** par Boguslawki, traduit de l'allemand par M. Couturier, lieutenant au 55e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 50 c.

VI. — **Les progrès de l'artillerie russe,** analyse du rapport du général Baranzoff, par M. Weil. — Brochure in-12. 25 c.

VII-VIII-IX. — **De l'aptitude des recrues au service militaire déterminée par la mesure de la poitrine et le poids des hommes,** par N. Seeland, traduit du russe par M. Saniewski, lieutenant au 90e régiment de ligne. — Brochure in-12. 75 c.

X. — **Des éclaireurs,** par M. Hagron, capitaine d'état-major. — Brochure in-12..... 25 c.

XI-XII. — **La fortification permanente du capitaine von Pistor,** traduction et analyse par V. Grillon, capitaine du génie. — Brochure in-12..... 50 c.

XIII. — **Règlement du 24 octobre 1872 relatif au service des hôpitaux militaires en Prusse,** traduit de l'allemand par le docteur Morache. — Brochure in-12..... 25 c.

XIV-XV. — **Strasbourg, sa description, ses fortifications,**

**son rôle militaire avant la guerre de 1870,** par **M. Z.** — Brochure in-12..... 50 c.

XVI. — **Des bibliothèques et lectures en commun dans les casernes pour les sous-officiers et soldats,** par le colonel E. B. — Brochure in-12..... 25 c.

XVII-XVIII-XIX-XX. — **De l'instruction militaire dans l'armée** (infanterie), par M. DALLY, capitaine au 102e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 1 fr.

XXI-XXII. — **Le service de sûreté dans l'armée prussienne.** Première étude. *Surveillance pendant les marches*, par H. DE LA F. — Brochure in-12..... 50 c.

XXIII. — **Réorganisation du service de santé militaire,** par le docteur JUDÉE, médecin-major au 10e d'artillerie. — Brochure in-12..... 25 c.

XXIV-XXV-XXVI. — **Compte rendu des manœuvres d'automne de l'armée d'occupation en 1872,** d'après l'allemand, par M. WEIL. — Brochure in-12..... 75 c.

XXVII-XXVIII-XXIX-XXX. — **Questions d'organisation sur la cavalerie,** par A. HOCQUET, capitaine instructeur du 7e dragons. — Brochure in-12..... 1 fr.

XXXI-XXXII. — **De l'instruction pratique des états-majors.** — Brochure in-12..... 50 c.

XXXIII-XXXIV. — **La tactique de l'infanterie,** par L. DE BEYLIÉ, sous-lieutenant au 41e de ligne. — Brochure in-12. 50 c.

XXXV. — **Situation militaire des puissances européennes en 1872.** Aperçu rétrospectif, traduit de l'allemand par M. WEIL. — Brochure in-12..... 25 c.

XXXVI. — **Le service de sûreté dans l'armée prussienne.** Deuxième étude. *Les reconnaissances*, par H. DE LA F. — Brochure in-12..... 25 c.

XXXVII-XXXVIII. — **Observations comparées sur les armées française et prussienne,** par C. GODARD, capitaine adjudant-major au 110e régiment de ligne. — Brochure in-12... 50 c.

XXXIX-XL. — **Les mitrailleuses,** extrait de la *Revue de l'état-major russe*, traduit par M. SANIEWSKI, sous-lieutenant au 90e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 50 c.

XLI-XLII. — **Le service du génie**, par un officier supérieur du génie. — Brochure in-12..... 50 c.

XLIII-XLIV. — **Les vieilles forteresses et le bombardement par les moyens actuels**, extrait du journal *la Vedette*, traduit de l'allemand par M. WEIL. — Brochure in-12..... 50 c.

XLV-XLVI-XLVII. — **L'intendance prussienne comparée à l'intendance française**, par M. ANATOLE BARATIER, sous-intendant militaire. — Brochure in-12..... 75 c.

XLVIII-XLIX. — **Les dragons russes**, extrait du *Militär Wochenblatt*, traduit de l'allemand par M. WEIL. — Brochure in-12..... 50 c.

L-LI. — **Considérations générales sur la manière de diriger les troupes**, extrait des *Taktische Folgerungen aus dem Kriege* 1870-1871, par VON BOGUSLAWSKI, traduit de l'allemand par A. C., lieutenant au 55e régiment de ligne.—Broch. in-12. 50 c.

LII-LIII. — **Notes sur l'organisation du service médical militaire en Russie**, extrait du Mémoire du docteur GRIMM, traduit du russe par M. SANIEWSKI, sous-lieutenant au 90e régiment de ligne. — Brochure in-12..... 50 c.

LIV-LV. — **L'expédition de Khiva**, par M. D'ASTIER DE LA VIGERIE, capitaine d'artillerie. — Brochure in-12 avec carte..... 50 c

LVI-LVII-LVIII. — **Examen critique du projet de loi sur l'organisation de l'armée active**, présenté par le gouvernement le 30 janvier 1873. — Brochure in-12..... 75 c.

793. — PARIS. Imprimerie de GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.

LIBRAIRIE DE GAUTHIER VILLARS,
Quai des Augustins, 55.

# PETIT TRAITÉ
# DE PHYSIQUE,

A L'USAGE

DES ÉTABLISSEMENTS D'INSTRUCTION,

DES ASPIRANTS AUX BACCALAURÉATS ET DES CANDIDATS AUX ÉCOLES DU GOUVERNEMENT,

PAR M. J. JAMIN,
Membre de l'Institut, Professeur à l'École Polytechnique et à la Faculté des Sciences de Paris.

In-8, avec nombreuses figures dans le texte; 1870.
Prix : 8 francs.

Depuis le commencement de ce siècle, la Physique a été renouvelée dans son ensemble. Fresnel a établi la Théorie de la Lumière, Ampère celle du Magnétisme; l'étude des vibrations sonores a été considérablement accrue; on a reconnu que l'ensemble des radiations émises par les corps échauffés se distingue par des réfrangibilités croissantes, non par des changements de nature et d'essence, et que par conséquent les diverses chaleurs rayonnantes, les lumières ou couleurs différentes et les rayons chimiques, ne sont que les notes distinctes d'une série de gammes, et ne diffèrent que par leur durée de vibration. Dans les dernières années enfin, on a démontré qu'un nombre

donné de calories peut se transformer en une quantité équivalente de travail mécanique et réciproquement, et que la chaleur, autrefois appelée *statique* et considérée comme un fluide, n'est autre chose que la somme des forces vives qui animent les molécules des corps chauffés. L'ensemble de ces remarquables progrès a fait justice d'anciennes hypothèses, et la Physique n'est plus ou ne sera bientôt plus qu'une Mécanique rationnelle où les forces naturelles exercent leur action sur les substances pesantes et sur un milieu spécial et unique, qui se nomme l'*éther*.

Cependant les Traités élémentaires semblent prendre à tâche de dissimuler ces idées générales, et de se contenter de détails sans liaison : le Magnétisme est toujours présenté comme dépendant d'un fluide; la Chaleur est réduite à des notions empiriques, on professe qu'elle se dissimule et devient *latente;* la Chaleur rayonnante est prise comme distincte de la Lumière, et l'on ne dit rien de la Théorie optique. — Le Livre élémentaire que nous offrons aujourd'hui au public est conçu dans un esprit différent. Dès les premiers mots l'Auteur démontre que la Chaleur est un mouvement moléculaire, et cette idée guide ensuite le lecteur dans toutes les expériences, et les explique. La Terre et les aimants n'étant que des solénoïdes, on fait dépendre le Magnétisme de l'Électricité. L'Acoustique montre dans leurs détails les vibrations longitudinales, transversales, circulaires et elliptiques; elle prépare à l'Optique. Cette dernière Partie enfin est l'étude des vibrations de toute sorte qui se produisent dans l'éther; les interférences et la polarisation sont expliquées de la manière la plus élémentaire, et la théorie vibratoire est rendue accessible à tous.

L'Auteur espère que les modifications qu'il propose dans l'enseignement de la Physique seront approuvées par ses Collègues, et qu'elles seront profitables aux Élèves en les délivrant de ce que les savants ont abandonné, en élevant leur esprit jusqu'à de plus hautes conceptions, en leur montrant l'ensemble philosophique d'une science déjà très-avancée et qui semble toucher à son terme.

# AIDE-MÉMOIRE
# DE CHIMIE

A L'USAGE

DES LYCÉES ET DES ÉTABLISSEMENTS D'ENSEIGNEMENT SECONDAIRE

Rédigé conformément au Programme
du Baccalauréat ès Sciences,

Par P.-A. FAVRE,

Correspondant de l'Institut (Académie des Sciences), professeur de Chimie à la Faculté des Sciences de Marseille.

VOLUME IN-8 DE 600 PAGES, AVEC ATLAS DE 14 PLANCHES CONTENANT 117 FIGURES. — PRIX : 5 FR.

*En envoyant à l'Éditeur un mandat de 5 fr. sur la poste ou des timbres-poste, on recevra l'ouvrage franco dans toute la France.*

« *J'ai lu l'ouvrage de M. Favre, je n'y ai rien trouvé à redire et* J'Y AI APPRIS QUELQUE CHOSE. Ces paroles que prononçait M. Dumas, en déposant sur le bureau de l'Académie des Sciences le livre dont nous venons entretenir aujourd'hui nos lecteurs, en seraient le meilleur compte rendu et pourraient nous dispenser de tout commentaire. Nous ne le ferons point pourtant, car nous tenons à bien préciser la valeur d'un ouvrage que son titre ne recommande pas assez.

» Le livre de M. Favre est une œuvre *sui generis*, qui n'a pas la prétention d'être un Traité complet de Chimie générale, mais qui s'éloigne bien plus encore des factums avec lesquels son titre, malheureusement choisi, à notre avis, pourrait un instant le faire confondre; il est enfin bien supérieur aux Traités dits élémentaires, par une concision qui n'enlève rien à la clarté, qui l'augmente encore par une méthode toujours la même, et dont l'auteur ne se départit

jamais, et par le choix sévère et justement limité des faits, des expériences et des exemples qui y sont mentionnés. Le mérite de l'*Aide-Mémoire* est justement de faire de la véritable science avec simplicité; de ne dire que ce qui est strictement nécessaire, d'appeler l'attention de l'élève sur les points essentiels et de lui montrer, pour ainsi dire d'un seul coup d'œil, l'ensemble d'une question et chacun de ses détails.

» Et c'est ici surtout qu'il importe de faire ressortir combien ce livre peut être utile même aux professeurs. Il leur épargnera la peine de faire le canevas de chacune de leurs leçons; car en suivant pas à pas la marche adoptée par M. Favre, ils sont sûrs de faire un excellent cours; rien n'est oublié dans cet excellent livre, et les préparations des corps ainsi que les expériences y sont décrites de telle sorte qu'un préparateur qui n'est pas encore expérimenté et auquel le professeur indiquera la matière de sa leçon saura se suffire à lui-même. Enfin, il n'est pas jusqu'à l'industriel lui-même qui ne trouve profit à consulter l'*Aide-Mémoire*. Il y trouvera sans peine l'explication théorique des opérations de son art donnée dans toute sa simplicité et qu'il comprendra toujours.

» Nous ne dirons rien de la partie matérielle de l'œuvre; les éditeurs de Paris sont aujourd'hui passés maîtres en l'art typographique, et la maison Mallet-Bachelier n'a pas déchu entre les mains de M. Gauthier-Villars. »

HENRY PATOT.

M. Dumas, membre de l'Institut, en présentant l'*Aide-Mémoire de Chimie* de M. Favre à l'Académie des Sciences, s'est exprimé ainsi : « L'Auteur a complétement atteint le » but qu'il s'est proposé; son livre sera indispensable et » au Professeur qui prépare la leçon de Chimie, et à l'Au- » diteur qui l'écoute, et à l'Élève qui subira demain son » examen. »

# TRAITÉ

DE

# GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE,

## Par JULES DE LA GOURNERIE,

Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, Examinateur à l'École Polytechnique, Professeur de Géométrie descriptive au Conservatoire des Arts et Métiers.

IN-4°, PUBLIÉ EN TROIS PARTIES, AVEC ATLAS DE 150 PLANCHES.
PRIX : 30 FRANCS.

*Chaque Partie se vend séparément* 10 *francs.*

*La* 1re *Partie*, avec Atlas de 52 planches, contient quatre Livres qui sont consacrés : 1° à la ligne droite et au plan; 2° au cône, au cylindre et aux surfaces de révolution; 3° aux projections cotées; 4° aux perspectives axonométrique, monodymétrique, isométrique et cavalière. Les deux premiers Livres contiennent tout ce qui est exigé pour L'ADMISSION A L'ECOLE POLYTECHNIQUE.

*La* 2e *Partie*, avec Atlas de 52 planches, comprend le cinquième Livre relatif à la détermination des Ombres sur les figures géométrales, axonométriques et cavalières, et les sixième et septième Livres consacrés aux surfaces développables et gauches.

*La* 3e *Partie*, avec Atlas de 46 planches, comprend les huitième, neuvième et dixième Livres, qui contiennent les principales propositions de la théorie de la courbure des surfaces avec leurs applications aux arts graphiques et les constructions relatives aux surfaces hélicoïdes et topographiques. Elle est terminée par une TABLE ANALYTIQUE DES TROIS PARTIES.

Les deux dernières Parties sont le développement du COURS DE GÉOMÉTRIE DESCRIPTIVE actuellement professé à l'ÉCOLE POLYTECHNIQUE.

---

Je présente au public la troisième Partie de mon *Traité*

*de Géométrie descriptive*; elle contient les VIII^e^, IX^e^ et X^e^ Livres de cet Ouvrage.

Le VIII^e^ Livre est relatif à la courbure des surfaces; j'y expose les parties de cette importante théorie qui sont utiles dans les arts graphiques. Les démonstrations simples que je donne des principales propositions sont, en général, nouvelles. On sait que le théorème de Meusnier ne peut pas servir à déterminer les rayons de courbure de la section d'une surface par son plan tangent : je donne une formule pour la solution de ce problème, et j'en fais l'application au tore.

Les lignes d'ombre des surfaces gauches présentent des circonstances intéressantes lorsque le point lumineux est dans le plan tangent le long d'une génératrice singulière. J'examine cette question avec quelques détails, et je présente toute une théorie sur la courbe des surfaces gauches aux divers points de ces génératrices.

Les surfaces lieux de normales ont de l'importance en Stéréotomie; je les étudie d'une manière assez minutieuse, et je fais connaître des constructions fort simples qui conduisent à des démonstrations élémentaires de leurs propriétés.

Dans un Chapitre consacré au théorème des tangentes conjuguées, je discute avec soin la manière dont les parties utiles des lignes d'ombre propre et d'ombre portée se succèdent et se continuent sur les surfaces à courbures opposées. Je crois avoir levé les incertitudes que cette question délicate pouvait encore présenter.

J'examine dans le dernier Chapitre du VIII^e^ Livre les lignes de courbure, les lignes asymptotiques et ensuite les courbes tracées sur une surface, et telles, qu'en chaque point la section normale qui leur est tangente soit surosculée par un cercle. Ces dernières lignes sont faciles à déterminer sur les surfaces du second ordre. Considérées sur l'ellipsoïde, elles ont de l'importance dans la question de la rotation des corps.

Le IX^e^ Livre est relatif aux surfaces hélicoïdes. Un grand nombre des constructions que j'y expose m'appartiennent; j'en ai emprunté quelques-unes à des notes que M. Bour avait écrites en lisant mon Mémoire sur les hélicoïdes gauches, et qu'il a bien voulu me communiquer.

Les hélicoïdes me donnent l'occasion de présenter plusieurs applications importantes des théories relatives aux

surfaces réglées et à la courbure des surfaces. Je donne plusieurs théorèmes nouveaux sur la surface de la vis à filets carrés et sur les surfaces hélicoïdes à génératrices quelconques.

Je m'occupe dans le X^e^ Livre des surfaces représentées par des lignes de niveau, et je fais connaître d'abord les opérations graphiques qui les concernent. Sur ce sujet, j'ai pris pour guide M. le général Noizet; je reproduis la plupart des constructions qu'il donne, en les rattachant d'ailleurs aux théories exposées dans les Livres précédents.

Un dernier Chapitre, relatif à l'emploi d'une surface topographique pour remplacer les Tables à double entrée, est le résumé d'un Mémoire publié par M. Lalanne, ingénieur en chef des Ponts et Chaussées, à qui cette méthode doit ses plus grands développements.

Par la publication de cette troisième Partie, je remplis les engagements que j'avais pris avec le public. Mon ouvrage présente sans doute des lacunes, mais cependant, sous le rapport des applications aux arts graphiques, je le crois plus complet qu'aucun des Traités de Géométrie descriptive publiés jusqu'à ce jour.

La troisième Partie est terminée par une *Table analytique* qui permet de suivre dans tout l'ouvrage les développements de chaque Théorie et les applications de chaque construction.

En présentant à l'Académie des Sciences le *Traité de Géométrie descriptive* de M. de la Gournerie, Professeur au Conservatoire des Arts et Métiers, Examinateur à l'École Polytechnique, M. CHASLES s'exprime ainsi : « La Géométrie s'est enrichie depuis quelques années de plusieurs théories qui peuvent recevoir des applications utiles dans les arts graphiques. Il était donc à désirer que l'on eût un *Traité de Géométrie descriptive* qui, sans négliger les notions élémentaires, fût au niveau des progrès de la Science. M. de la Gournerie a accompli cette tâche avec un plein succès. Son ouvrage, dont j'ai l'honneur de présenter à l'Académie la troisième et dernière Partie, contient des recherches propres à l'Auteur sur la théorie générale des surfaces, et sur quelques surfaces individuelles. On y voit que la Géométrie descriptive peut fournir d'utiles ressources à la Géométrie générale. »

LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS,
SUCCESSEUR DE MALLET-BACHELIER,
QUAI DES GRANDS-AUGUSTINS, 55, A PARIS.

# CONVERSION
DES
# MESURES, MONNAIES ET POIDS
DE TOUS LES PAYS ÉTRANGERS
EN
# MESURES, MONNAIES ET POIDS
DE LA FRANCE,

PAR M. A. PEIGNÉ,
Auteur du *Dictionnaire de la France*, etc.

VOLUME IN-18 DE 200 PAGES. — PRIX : 2 FR. 50 C.

**En adressant à l'Éditeur un mandat de 2 fr. 50 c. sur la poste ou des timbres-poste, on recevra l'Ouvrage franco dans toute la France.**

Cet Ouvrage avait à peine paru, que les principaux organes de la presse parisienne s'empressèrent d'en signaler la publication, au triple point de vue de l'utilité, de l'opportunité et surtout d'une rigoureuse exactitude. — Aussi, ne voulant point, par discrétion, en faire nous-même l'éloge, nous nous bornerons à mettre ici sous les yeux du lecteur quelques *extraits* empruntés aux articles provoqués par l'apparition du livre de M. Peigné.

Le *Monde*. — « M. Peigné vient de publier, sous le titre de *Conversion...*, un livre dont l'utilité générale est incontestable. Ce travail, fruit de longues recherches et de nom-

breuses démarches près des ambassades et des consulats de toutes les nations, ne pouvait point paraître dans un moment plus opportun. D'un format très-portatif et d'un prix modéré, l'ouvrage de M. Peigné se recommande en outre par un exposé fort clair de notre Système décimal métrique, et par des Notices aussi instructives qu'intéressantes sur chaque pays. BARRIER. »

*Presse scientifique et industrielle.* — « Le livre de M. Peigné se recommande par son caractère d'utilité publique. Les savants, les industriels, les commerçants y trouveront des renseignements précieux qu'ils chercheraient en vain ailleurs. De jour en jour nos relations avec les pays étrangers s'étendent, les monnaies des différentes nations nous envahissent, leurs produits se vendent sur nos marchés, en un mot, il devient urgent de connaître la valeur des *monnaies*, des *mesures* et *poids* usités dans les différents pays du globe. Aussi M. Peigné a-t-il rendu à tous un véritable service par la publication de ses tableaux comparatifs, et devons-nous le remercier et souhaiter à son œuvre tout le succès qu'elle mérite et qui ne peut lui manquer. ABEL ARBELTIER. »

Le *Siècle.* — « Sous le titre de *Conversion...*, M. Peigné, depuis longtemps connu par d'excellents ouvrages d'instruction, vient de publier un nouveau livre d'une utilité pratique et générale, un précieux *vade-mecum* pour les étrangers voyageant en France, comme pour les Français voyageant à l'étranger, et, en somme, un *memento* utile à tout le monde.

« En effet, dit l'auteur dans sa préface, il arrive fréquem-» ment que les journaux et les livres parlent de mesures, » poids et monnaies sans en indiquer la valeur et les rap-» ports. Par exemple, je lisais, il y a quelques mois, que » l'armée russe avait parcouru 206 *verstes* à marches for-» cées. Qu'est-ce qu'un *verste*, me demandais-je? — Per-» suadé que beaucoup d'autres éprouveraient le même em-» barras que moi, j'eus l'idée de venir en aide à tous les » lecteurs et je me mis sur-le-champ à l'œuvre. »

» Quelques documents qu'il eût à sa disposition, M. Peigné n'aurait pas pu, avec ces seules ressources, réaliser et rendre complet un travail qui embrasse le monde entier. Aussi se plaît-il à déclarer qu'il doit beaucoup aux ambassades, aux consulats, aux légations, ainsi qu'à de savants voyageurs qui

lui ont obligeamment fourni tous les renseignements dont il manquait. Donc, nous n'aurons qu'à ouvrir son livre à l'article *Russie* pour savoir sur-le-champ la valeur d'un verste (*viersta*), aussi bien que celle d'un kopek (*kopeyka*), etc., etc.

» M. Peigné a joint a ce travail des Notices substantielles sur chaque pays, dont il fait connaitre la topographie, le climat, les divisions adm nistratives, la population, les moyens de communication, les productions naturelles, les industries et le commerce, et il a eu grand soin de tenir compte des modifications que les *derniers événements* politiques ont fait subir notamment à l'Italie et à l'Allemagne.

A. Husson. »

Le *Temps*. — « Je signale avec empressement à mes lecteurs ce petit livre, paru il y a quelques jours, et dont le titre indique toute l'utilité. Il sera d'un secours précieux pour tous ceux que leurs études ou leurs professions obligent à se servir de documents techniques, publiés à l'étranger. Il sera favorablement accueilli du public, j'en suis certain, car tous les chiffres qu'il contient sont exacts....

L. Grandeau. »

---


## A LA MÊME LIBRAIRIE.

TYNDALL (John), Professeur à l'Institution royale et à l'École royale des Mines de la Grande-Bretagne. — *Le Son*, traduit de l'anglais et augmenté d'un Appendice par M. l'Abbé *Moigno*. Un beau volume in-8, orné de 171 figures dans le texte; 1869..... 7 fr.

« J'ai cherché, dit le célèbre Auteur dans sa Préface, à rendre la » science de l'Acoustique accessible à toutes les personnes intelligentes, » en y comprenant celles qui n'ont reçu aucune instruction scientifique » particulière. J'ai traité mon sujet d'une manière tout à fait expéri- » mentale, et j'ai cherché à placer tellement chaque expérience sous les » yeux et dans la main du lecteur qu'il puisse la réaliser lui-même ou » la répéter. » Il serait impossible, en effet, de mieux choisir et de décrire dans un style plus attrayant les expériences nécessaires à la manifestation des faits et à la détermination des lois qui les régissent. Cet Ouvrage sera donc lu avec un vif intérêt, non-seulement par les Professeurs, qui y trouveront toutes les découvertes ayant renouvelé pour ainsi dire l'Acoustique depuis quelques années, mais encore par tous les amis d'une science claire et pratique.

**LIBRAIRIE DE GAUTHIER-VILLARS,**
Quai des Augustins, 55.

**ÉTUDES ET LECTURES**
SUR
**LES SCIENCES D'OBSERVATION**
ET LEURS APPLICATIONS PRATIQUES,
PAR M. BABINET,
Membre de l'Institut (Académie des Sciences).

**Chaque volume se vend séparément : 2 fr. 50 c.**

1er VOLUME. — Sur les Mouvements extraordinaires de la mer. — Les Comètes au XIXe siècle. — La Télégraphie électrique. — L'Astronomie en 1852 et 1853. — Astronomie descriptive. — La Perspective aérienne. — Le Stéréoscope et la vision binoculaire. — Voyage dans le ciel.

2e VOLUME. — Les Tables tournantes et les manifestations prétendues surnaturelles. — L'Électricité ouvrière. — La Sibérie et les climats du Nord. — Influence des courants de la mer sur les climats, — sur les tremblements de terre et sur la constitution intérieure du globe. — Bulletin de l'Astronomie et des Sciences pour 1853 et 1854. — De l'Arrosement du globe. — Des Tables tournantes au point de vue de la Mécanique et de la Physiologie. — La Météorologie en 1854 et ses progrès futurs.

3e VOLUME. — Du Diamant et des pierres précieuses. — Des Phares et de la Lumière artificielle. — Physique du globe. — Quillebœuf. — La Méditerranée. — De la Pluralité des mondes.

4e VOLUME. — La Terre avant les époques géologiques. — De la Constitution intérieure du globe terrestre et des Tremblements de terre. — De la Pluie et des Inondations. — L'Astronomie en 1855. — Les Saisons sur la terre et dans les autres planètes. — Sur les Progrès naissants de la Galvanoplastie. — De l'Application des Mathématiques transcendantes. — La Vie aux divers âges de la Terre. — Des Eaux minérales et de la Chaleur centrale de la Terre.

5e VOLUME. — Sur la Sécheresse, les Irrigations e

les Reboisements. (Séance des cinq Académies, 1858.) — XIX Articles sur l'Astronomie et la Météorologie.

6e VOLUME. — Aimant et Magnétisme terrestre. — Océan islandais. — Théorie physique des Vêtements. — XIII Articles sur l'Astronomie et la Météorologie.

7e VOLUME. — Pierres précieuses. — Télégraphie électrique et sous-marine. — Comètes. — *Astronomie et Météorologie :* Visites à la mer. — Lune rousse. — Service météorologique des ports de France. — Les Perturbations célestes et celles de la Lune. — Lumière cendrée de la Lune. — Éclairage, chauffage, arrosement, productions du globe, sa météorologie. — Note sur quelques actualités scientifiques.

8e VOLUME. — Distance de la Lune au Soleil. — Expériences de M. Léon Foucault. — Prédictions de M. Mathieu de la Drôme. — Couleurs des astres ; teintes du Soleil couchant. — Scintillation des étoiles. — Navigation aérienne ; ballons et hélices ; vol mécanique ; aviation. — Homère observateur maritime. — Drainage et Fontaines artificielles. — Tremblements de terre. — Sur la Physique du globe. — Sur les Courants ou plutôt sur les Circuits des mers.

---


# NOTICE

SUR L'APPAREIL

# D'INDUCTION ÉLECTRIQUE

DE RUHMKORFF,

et les expériences qu'on peut faire avec cet instrument ;

PAR LE COMTE DU MONCEL.

In-8, 3e édition ; avec nombreuses figures dans le texte ; 1867..... 7 fr. 50 c.


---

793 Paris. — Imp. GAUTHIER-VILLARS, quai des Augustins, 55.